T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PASTIRMA ÜRETİMİNDE YENİLİKÇİ BİR YAKLAŞIM OLARAK SİYAH SARIMSAK VE KİNOA UNU BAZLI ÇEMEN FORMÜLASYONLARININ OPTİMİZASYONU: PASTIRMANIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

EMRE TURAN

DOKTORA TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORDU 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

EMRE TURAN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

PASTIRMA ÜRETİMİNDE YENİLİKÇİ BİR YAKLAŞIM OLARAK SİYAH SARIMSAK VE KİNOA UNU BAZLI ÇEMEN FORMÜLASYONLARININ OPTİMİZASYONU: PASTIRMANIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

EMRE TURAN

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ, 189 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ATİLLA ŞİMŞEK)

(İKİNCİ TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HÜSEYİN GENÇCELEP)

Bu çalışmada, pastırma çemeni formülasyonunda ticari çemen unu ve taze sarımsağa ikame olarak kinoa unu ve siyah sarımsak kullanımının pastırmanın uçucu bileşik profili, amino asit profili, fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik, oksidatif ve duyusal kabul edilebilirlik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında öncelikle olgunlaştırılmış siyah sarımsaklar üretilmiş ve beyaz, kırmızı ve siyah kinoa tohumlarından kinoa unları elde edilmiştir. Daha sonra, sarımsak ve un örneklerinin çeşitli özellikleri belirlenmiştir. Simplex Lattice Mixture (Basit Kafes Karışım) dizayn kullanılarak ticari çemen unu ve kinoa unlarının farklı oranlarını içeren 3 ayrı dizayn oluşturulmuş ve üretilen çemenlerde enstrümental renk, toplam fenolik madde (TFM), antioksidan aktivite (ABTS-ARA), tekstür (sürülebilirlik) ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir. Bu parametrelere bağlı yanıtlara göre optimizasyon sonucu pastırma yüzeyine uygulanabilecek en uygun üç çemen formülasyonu tespit edilmiştir. Optimizasyon sonucu elde edilen formülasyonlara göre hazırlanan çemenlerin çeşitli özellikleri belirlenmiş ve kontrol çemen grubu ile karşılaştırılmıştır. Ardından, kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak pastırma üretimi gerçekleştirilmiş ve 120 gün depolama periyodu boyunca pastırma örneklerinin çeşitli özellikleri incelenmiştir.

Kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak içeren optimize pastırma çemen formülasyonları ile muamele, pastırma örneklerinin temel bileşim unsurları (nem, protein, yağ, kül), tuz, kalıntı nitrit, pH, toplam gluten miktarı, kesme kuvveti, antioksidan kapasite (TFM, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP), amino asit profili ve duyusal özelliklerini çok önemli ($P<0.01$) etkilemiştir. Dış ve kesit yüzey renk (*L* ve b**) değerleri, uçucu bileşik profili, laktik asit bakteri (LAB) ve maya/küf sayımları üzerine muamele ve depolama periyodunun, nem, pH, dış ve kesit yüzey kırmızılık (*a**), TBARS, karbonil içeriği, nitrozomyoglobin (NOMb) konsantrasyonu, kürleme etkinliği ve *Micrococcus/Staphylcoccus* (*M/S*) sayımları üzerine muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun çok önemli ($P<0.01$) etkileri belirlenmiştir. Pastırma çemeni üretiminde kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak kullanımı, çemenin ve pastırmanın uçucu bileşik profilinde meyvemsi ve tatlı aromaya sahip esterler ve furanların içeriğini artırırken, kükürt içeren bileşiklerin konsantrasyonunu azaltmıştır. Bu sayede, çemen ve pastırmanın keskin aroması azaltılmış ve duyusal kabul edilebilirliği geliştirilmiştir. Diğer taraftan, glutensiz kırmızı kinoa unu içeren optimize çemenlerde ve bu çemenler ile üretilen pastırmalarda toplam gluten miktarı kontrole kıyasla önemli derece azalmıştır. Ayrıca, kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen pastırma örneklerinin biyoaktif özellikleri, oksidatif stabilitesi, renk özellikleri ve renk stabilitesi kontrole kıyasla artmıştır. Genel veriler göz önüne alındığında, en iyi sonuçlar %50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsak, %30.6 ticari çemen unu ve %69.4 kırmızı kinoa unu içeren optimize çemen ile kaplanan P2 grubunda belirlenmiştir. Sonuç olarak, pastırma çemeni üretiminde taze sarımsak ve ticari çemen ununa ikame olarak siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı, pastırmanın tüketici kabulünü artırmak, biyoaktif özelliklerini geliştirmek ve oksidatif reaksiyonları geciktirmek için umut verici bir potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Aroma, Çemen, Kinoa unu, Oksidatif stabilite, Pastırma, Siyah sarımsak.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF BLACK GARLIC AND QUINOA FLOUR BASED CEMEN PASTE FORMULATIONS AS AN INNOVATIVE APPROACH IN PASTIRMA PRODUCTION: EFFECTS ON QUALITY CHARACTERISTICS OF PASTIRMA

EMRE TURAN

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

FOOD ENGINEERING

PHD THESIS, 189 PAGES

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ATİLLA ŞİMŞEK)

(CO-SUPERVISOR PROF. DR. HÜSEYİN GENÇCELEP)

In this study, the effects of using quinoa flour and black garlic as substitutes for commercial fenugreek flour and fresh garlic in the formulation of pastırma cemen paste on the volatile compound profile, amino acid profile, physicochemical, textural, microbiological, oxidative and sensory acceptability properties of pastırma were investigated. Within the scope of the research, primarily aged black garlic was produced and quinoa flours were obtained from white, red and black quinoa seeds. Three separate designs containing different ratios of commercial fenugreek flour and quinoa flours were formed using Simplex Lattice Mixture design and instrumental colour, total phenolic matter (TPM), antioxidant activity (ABTS-ARA), texture (spreadability) and sensory analyses were performed on the produced cemen paste samples. According to the responses depending on these parameters, three most suitable cemen paste formulations that can be applied to the pastırma surface were determined as a result of optimization. Various properties of the cemen pastes prepared according to the formulations obtained as a result of optimization were determined and compared with the control cemen paste group. Subsequently, pastırma samples were produced using the control and optimised cemen paste formulations and various properties of the samples were examined during 120 days of storage period.

Treatment with optimised cemen paste formulations containing red quinoa flour and black garlic had significant ($P<0.01$) effects on the proximate composition (moisture, protein, fat, ash), salt, residual nitrite, pH, total gluten content, shear force, antioxidant capacity (TPM, DPPH-ARA, ABTS-ARA and FRAP), amino acid profile and sensory properties of pastırma samples. Treatment and storage period had significant ($P<0.01$) effects on external and cross-sectional surface colour (L^* and b^*) values, volatile compound profile, LAB and yeast/mould counts of pastırma. On the other hand, significant ($P<0.01$) effects of treatment x storage period interaction on moisture, pH, external and cross-sectional surface redness (a^*), TBARS, carbonyl content, NOMb, curing efficiency and *M/S* counts were determined. The use of red quinoa flour and black garlic in the production of cemen paste increased the content of esters and furans with fruity/sweet notes in the volatile compound profile of cemen paste and pastırma, while decreasing the concentration of sulphur-containing compounds. In this way, the pungent flavour of cemen paste and pastırma was reduced and sensory acceptability was improved. On the other hand, the total gluten content was significantly reduced in the optimised cemen pastes containing gluten-free red quinoa flour and in the pastırma produced with these cemen pastes compared to the control. In addition, bioactive properties, oxidative stability, colour properties and colour stability of pastırma samples produced with red quinoa flour and black garlic increased compared to the control. Considering the overall data, the best results were determined in the P2 group coated with optimised cemen paste containing 50% fresh garlic + 50% black garlic, 30.6% commercial fenugreek flour and 69.4% red quinoa flour. In conclusion, the use of black garlic and red quinoa flour as a substitute for fresh garlic and commercial fenugreek flour in the production of cemen paste has a promising potential to increase the consumer acceptance of pastırma, improve its bioactive properties and retard oxidative reactions.

Keywords: Aroma, Black garlic, Cemen, Oxidative stability, Pastırma, Quinoa flour.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanması ve yürütülmesinde desteğini gördüğüm, çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübesinden faydalandığım, ilgi, teşvik ve yardımlarını esirgemeyen, sadece bilimsel anlamda değil karakter olarak da örnek aldığım danışman hocam Doç. Dr. Atilla ŞİMŞEK'e içtenlikle teşekkür ederim.

Aynı zamanda, tez izleme komitesinin değerleri üyeleri Prof. Dr. Zekai TARAKÇI ve Doç. Dr. Hüdayi ERCOŞKUN'a,

Doktora eğitimim boyunca BİDEB 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamında desteklerinden dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na,

Pastırma üretimi konusunda destekleri için Aytaç Gıda Yatırım Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye (Çankırı/Türkiye) ve kalite uzmanı Fırat KABAÇAM'a,

Kinoa tohumların öğütülmesi konusunda destekleri için Ünsan Un Sanayi Ticaret A.Ş (Ünye/Ordu) ve üretim sorumlusu Mete DUYGUN'a,

Pastırma üretimi ve analizleri konusunda tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. Muhammet İrfan AKSU'ya,

Protein oksidasyonu analizlerindeki yardımlarından dolayı Doç. Dr. Ebru ERDEMİR'e,

SIFT-MS analizleri konusunda tecrübelerinden faydalandığım Doç. Dr. Gülşah ÖZCAN SİNİR'e,

SIFT-MS analizleri sırasında laboratuvar imkanlarından ve tecrübelerinden faydalandığım Çek Bilimler Akademisi J. Heyrovský Fiziksel Kimya Enstitüsü kurumundan Prof. Dr. Patrik Španěl, Dr. Kseniya Dryahina ve Arş. Gör. Nikola Sixtová'ya,

Desteklerini hep hissettiğim ve haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, varlıklarından mutluluk ve gurur duyduğum kıymetli Annem, Babam ve Kardeşlerime,

Son olarak, tez araştırmamın her safhasında özellikle anlayış ve sabrıyla manevi desteğini hissettiğim eşim Tuğçe ve kızım Şevval Naz'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ BİLDİRİMİ I
ÖZET II
ABSTRACT III
TEŞEKKÜR IV
İÇİNDEKİLER V
ŞEKİL LİSTESİ VIII
ÇİZELGE LİSTESİ IX
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ XIII
EKLER LİSTESİ XIV
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 7
2.1 Buy Otu Tohumu 7
2.2 Kinoa 9
2.3 Siyah Sarımsak 13
2.4 Önceki Çalışmalar 18
3. MATERYAL ve YÖNTEM 22
3.1 Hammadde ve Sarf Malzemelerin Temini 22
3.2 Siyah Sarımsak Üretimi ve Kinoa Unlarının Hazırlanması 22
3.2.1 Siyah Sarımsak Üretimi 22
3.2.2 Kinoa Unlarının Hazırlanması 23
3.3 Sarımsak ve Un Numunelerinde Yapılan Analizler 24
3.3.1 Temel Bileşim Unsurları 24
3.3.2 pH Değeri 24
3.3.3 Enstrümental Renk Değerleri 24
3.3.4 Antioksidan Kapasite 25
3.3.4.1 Ekstraksiyon İşlemi 25
3.3.4.2 Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı 25
3.3.4.3 Antioksidan Aktivite Analizleri 25
3.3.5 Toplam Gluten Miktarı 26
3.3.6 Amino Asit Kompozisyonu 26
3.3.7 Uçucu Bileşik Profili 27
3.3.7.1 HS-SPME/GC-MS ile Nispi Konsantrasyonların Belirlenmesi 27
3.3.7.2 Seçilmiş İyon Akış Tüpü Kütle Spektrometrisi (SIFT-MS) ile Kantitatif Konsantrasyonların Belirlenmesi 30
3.4 Pastırma Çemeni Formülasyonlarının Optimizasyonu 35
3.4.1 Deneysel Tasarım ve Pastırma Çemeni Üretimi 35
3.4.2 Pastırma Çemeni Örneklerinde Yapılan Analizler 37
3.4.2.1 Temel Bileşim Unsurları 37
3.4.2.2 pH Değeri 37
3.4.2.3 Enstrümental Renk Değerleri 37
3.4.2.4 Tekstür Profil Analizi 37
3.4.2.5 Antioksidan Kapasite 38
3.4.2.5.1 Ekstraksiyon İşlemi 38
3.4.2.5.2 Toplam Fenolik Madde Miktarı 38
3.4.2.5.3 Antioksidan Aktivite Analizleri 38

3.4.2.6 Toplam Gluten Miktarı 38
3.4.2.7 Amino Asit Profili 38
3.4.2.8 Uçucu Bileşik Profili 38
3.4.2.9 Duyusal Değerlendirme 39
3.4.3 Optimizasyon ve Modelin Doğrulanması 39
3.5 Pastırma Üretimi, Depolanması ve Yapılan Analizler 40
3.5.1 Pastırma Üretimi ve Depolanması 40
3.5.2 Pastırma Örneklerinde Yapılan Analizler 42
3.5.2.1 Temel Bileşim Unsurları 42
3.5.2.2 Kalıntı Nitrit ve Tuz Miktarı 42
3.5.2.3 pH Değeri 42
3.5.2.4 Enstrümental Renk Değerleri 43
3.5.2.5 Tekstürel Analiz 43
3.5.2.6 Nitrozomyoglobin (NOMb) Konsantrasyonu 43
3.5.2.7 Lipid Oksidasyonu 43
3.5.2.8 Protein Oksidasyonu 43
3.5.2.9 Mikrobiyolojik Analizler 44
3.5.2.10 Toplam Gluten Miktarı 44
3.5.2.11 Amino Asit Kompozisyonu 44
3.5.2.12 Uçucu Bileşik Profili 44
3.5.2.13 Duyusal Değerlendirme 45
3.6 Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler 45
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 46
4.1 Un Örneklerine ait Bulgular 46
4.2 Sarımsak Örneklerine ait Bulgular 50
4.2.1 Taze ve Siyah Sarımsağın Temel Bileşim Unsurları, Bazı Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri 50
4.2.2 Taze ve Siyah Sarımsak Örneklerinin Uçucu Bileşik Profili 53
4.3 Pastırma Çemenlerine ait Bulgular 59
4.3.1 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemen Formülasyonlarının Simplex Lattice Mixture Tasarım ile Optimizasyonu 59
4.3.1.1 Model Uyumluluğu 66
4.3.1.2 Optimizasyon ve Doğrulama 68
4.3.2 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Çeşitli Özellikleri 70
4.3.2.1 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Temel Bileşim Unsurları 70
4.3.2.2 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin pH ve Renk Değerleri 71
4.3.2.3 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Antioksidan Kapasitesi 73
4.3.2.4 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Tekstürel Özellikleri 75
4.3.2.5 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Toplam Gluten Miktarı 76
4.3.2.6 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Amino Asit Kompozisyonu 78
4.3.2.7 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Uçucu Bileşik Profili 79
4.3.2.8 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Duyusal Özellikleri 88
4.4 Pastırma Üretiminde Kullanılan Etlere Ait Bulgular 90
4.5 Pastırma Örneklerine Ait Bulgular 91
4.5.1 Temel Bileşim Unsurları 91
4.5.2 Tuz ve Kalıntı Nitrit İçeriği 92
4.5.3 Tekstürel Özellikler 93
4.5.4 Toplam Gluten Miktarı 94

4.5.5 Biyoaktif Özellikler 95
4.5.6 Amino Asit Kompozisyonu 97
4.5.7 Nem İçeriği 99
4.5.8 pH Değerleri 101
4.5.9 Lipid Oksidasyonu (TBARS değerleri) 103
4.5.10 Protein Oksidasyonu 106
4.5.11 Nitrozomyoglobin (NOMb) Konsantrasyonu ve Kürleme Etkinliği 109
4.5.12 Renk Değerleri 112
4.5.12.1 Dış yüzey *L** Değerleri 112
4.5.12.2 Dış yüzey *a** Değerleri 114
4.5.12.3 Dış yüzey *b** Değerleri 116
4.5.12.4 Kesit Yüzey *L** Değerleri 117
4.5.12.5 Kesit Yüzey *a** Değerleri 119
4.5.12.6 Kesit Yüzey *b** Değerleri 121
4.5.13 Mikrobiyoloji Bulguları 123
4.5.13.1 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) 123
4.5.13.2 *Micrococcus/Staphylococcus* (*M/S*) 124
4.5.13.3 Laktik Asit Bakterileri 126
4.5.13.4 Maya/Küf 127
4.5.13.5 *Enterobacteriaceae* 129
4.5.14 Uçucu Bileşik Profili 129
4.5.15 Duyusal Değerlendirme 139
4.5.15.1 Renk/Görünüş 139
4.5.15.2 Tekstür 140
4.5.15.3 Koku 141
4.5.15.4 Lezzet 142
4.5.15.5 Genel Beğeni Düzeyi 143
5. SONUÇ ve ÖNERİLER 145
6. KAYNAKLAR 155
EKLER 175
ÖZGEÇMİŞ 188

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Taze Taşköprü Sarımsağı ve Üretilen Siyah Sarımsaklar 22
Şekil 3.2 Kinoa Tohumları ve Öğütme/Eleme Sistemleri 23
Şekil 3.3 Tohumlar ve Elde Edilen Unlar 24
Şekil 3.4 SIFT-MS ve GC-MS ile Gerçekleştirilen Uçucu Bileşik Analizleri 28
Şekil 3.5 Seçilmiş İyon Akış Tüpü Kütle Spektrometrisi (SIFT-MS) 32
Şekil 3.6 Pastırma üretim akış şeması 40
Şekil 3.7 Pastırma Üretim Sürecine ait Görseller 41
Şekil 3.8 Pastırma Örneklerinin Dış Yüzey Görünümleri 41
Şekil 3.9 Pastırma Örneklerinin Kesit Yüzey Görünümleri 42
Şekil 4.1 Sarımsak Örneklerinin Uçucu Bileşiklerinin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Nispi Konsantrasyonları 55
Şekil 4.2 Taze ve Siyah Sarımsak Örneklerinin Uçucu Bileşiklerinin SIFT-MS ile Belirlenen Kantitatif Konsantrasyonları 58
Şekil 4.3 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerine ait Görseller 70
Şekil 4.4 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Tekstürel Özellikleri 76
Şekil 4.5 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinde Uçucu Bileşiklerin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Nispi Konsantrasyonları 81
Şekil 4.6 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerin Duyusal Değerlendirme Sonuçları 88
Şekil 4.7 Pastırma Örneklerinin Nem İçeriği Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 100
Şekil 4.8 Pastırma Örneklerinin pH Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 103
Şekil 4.9 Pastırma Örneklerinin TBARS Değerleri Üzerine M×DP Interaksiyonunun Etkisi 106
Şekil 4.10 Pastırma Örneklerinin Karbonil İçerikleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 108
Şekil 4.11 Pastırma Örneklerinin NOMb İçeriği Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 111
Şekil 4.12 Pastırma Örneklerinin Kürleme Etkinliği Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 112
Şekil 4.13 Pastırma Örneklerinin Dış Yüzey *a** Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 115
Şekil 4.14 Pastırma Örneklerinin Kesit Yüzey *a** Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 121
Şekil 4.15 Pastırma Örneklerinin *M/S* sayımları Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi 126
Şekil 4.16 Pastırma Numunelerinde Uçucu Bileşiklerin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Nispi Konsantrasyonları 132

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Siyah Sarımsağın Gıda Uygulamaları 17
Çizelge 3.1 Uçucu Bileşiklere ait Piklerin Alıkonma Süreleri (RT), Kütle-Yük Oranı (*m/z*) ve Lineer Tutunma Indeksleri (LTI) 29
Çizelge 3.2 SIFT-MS ile Miktarı Belirlenen Uçucu Bileşikler, Öncü İyonlar, *m/z* ve Potansiyel Örtüşmeler 33
Çizelge 3.3 Simplex Lattice Mixture Tasarımda Değişkenlere ait Kodlanmış Değerler 36
Çizelge 3.4 Simplex Lattice Mixture Dizayna Göre Deneysel Tasarım..... 36
Çizelge 4.1 Ticari Çemen Unu ve Kinoa Unlarının Temel Bileşim Unsurları, Bazı Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri 47
Çizelge 4.2 Ticari Çemen Unu ve Kırmızı Kinoa Ununun Amino Asit Profili..... 49
Çizelge 4.3 Taze ve Siyah Sarımsak Örneklerinin Temel Bileşim Unsurları, Bazı Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri 51
Çizelge 4.4 Sarımsak Örneklerinin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili..... 54
Çizelge 4.5 Simplex Lattice Mixture Dizayn Yöntemine Göre Hazırlanan 1. Grup Pastırma Çemenlerinin Yanıt Değişkenlere ait Ortalama Değerler 60
Çizelge 4.6 Simplex Lattice Mixture Dizayn Yöntemine Göre Hazırlanan 2. Grup Pastırma Çemenlerinin Yanıt Değişkenlere ait Ortalama Değerler 61
Çizelge 4.7 Simplex Lattice Mixture Dizayn Yöntemine Göre Hazırlanan 3. Grup Pastırma Çemenlerinin Yanıt Değişkenlere ait Ortalama Değerler 62
Çizelge 4.8 Denklemler ve Model Uygunluğunu Belirlemek için İstatistiksel Parametreler 67
Çizelge 4.9 Pastırma Üretiminde Kullanılmak Üzere Optimizasyon Sonucu Belirlenen Çemen Formülasyonları 69
Çizelge 4.10 Optimizasyon Sonucu Belirlenen Pastırma Çemen Formülasyonlarındaki Bileşenlerin Oran ve Miktarları..... 69
Çizelge 4.11 Optimum Koşullarda Elde Edilen Yanıtların Tahmini ve Deneysel Değerleri..... 69
Çizelge 4.12 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Temel Bileşim Unsurları 71
Çizelge 4.13 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin pH ve Renk Değerleri ... 72
Çizelge 4.14 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Antioksidan Kapasitesi . 74
Çizelge 4.15 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Toplam Gluten Miktarı . 77
Çizelge 4.16 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Amino Asit Profili 78
Çizelge 4.17 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili 80
Çizelge 4.18 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinde Uçucu Bileşiklerin SIFT-MS ile Belirlenen Kantitatif Konsantrasyonları..... 85
Çizelge 4.19 Pastırma Üretiminde Kullanılan Etlerin Temel Bileşim Unsurları, pH Değerleri ve TBARS İçerikleri 90
Çizelge 4.20 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Temel Bileşim Unsurlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 91

Çizelge 4.21 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Tuz ve Kalıntı Nitrit İçeriğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 92
Çizelge 4.22 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Kesme Kuvveti Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 93
Çizelge 4.23 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Toplam Gluten İçeriğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 95
Çizelge 4.24 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Biyoaktif Özelliklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 96
Çizelge 4.25 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Amino Asit Profiline ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları 98
Çizelge 4.26 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Nem İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 99
Çizelge 4.27 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Nem İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 99
Çizelge 4.28 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların pH Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 101
Çizelge 4.29 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen pH Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 101
Çizelge 4.30 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların TBARS Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları 104
Çizelge 4.31 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen TBARS Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 104
Çizelge 4.32 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Karbonil İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 107
Çizelge 4.33 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Karbonil İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 107
Çizelge 4.34 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların NOMb Konsantrasyonu ve Kürleme Etkinliğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 110
Çizelge 4.35 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen NOMb Konsantrasyonu ve Kürleme Etkinliğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 110

Çizelge 4.36 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dış Yüzey *L** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 113
Çizelge 4.37 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dış Yüzey *L** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 113
Çizelge 4.38 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dış Yüzey *a** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 114
Çizelge 4.39 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dış Yüzey *a** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 115
Çizelge 4.40 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dış Yüzey *b** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 116
Çizelge 4.41 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dış Yüzey *b** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 117
Çizelge 4.42 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dilim Yüzey *L** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 118
Çizelge 4.43 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dilim Yüzey *L** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Sonuçları ... 118
Çizelge 4.44 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dilim Yüzey *a** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 119
Çizelge 4.45 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dilim Yüzey *a** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 120
Çizelge 4.46 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dilim Yüzey *b** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 122
Çizelge 4.47 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dilim Yüzey *b** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 123
Çizelge 4.48 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların TAMB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 123
Çizelge 4.49 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen TAMB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 124
Çizelge 4.50 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların *M/S* Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 125
Çizelge 4.51 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen *M/S* Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 125

Çizelge 4.52 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların LAB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 127
Çizelge 4.53 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen LAB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 127
Çizelge 4.54 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Maya/küf Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 128
Çizelge 4.55 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Maya/küf Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 129
Çizelge 4.56 Pastırma Örneklerinde Depolama Süresince HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili 131
Çizelge 4.57 Pastırma Örneklerinin Depolama Süresince SIFT-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili 135
Çizelge 4.58 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Renk/Görünüş Puanlarına Ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 140
Çizelge 4.59 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Renk/görünüş Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 140
Çizelge 4.60 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Tekstür Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 140
Çizelge 4.61 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Tekstür Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 141
Çizelge 4.62 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Koku Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 141
Çizelge 4.63 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Koku Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 141
Çizelge 4.64 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Lezzet Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 142
Çizelge 4.65 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Lezzet Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 142
Çizelge 4.66 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Genel Beğeni Düzeyi Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 143
Çizelge 4.67 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Genel Beğeni Düzeyi Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 143

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

dk	:	Dakika
g	:	Gram
DPPH	:	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
EDTA	:	Etilendiamin tetraasetik asit
GAE	:	Gallik Asit Eşdeğer
GC-MS	:	Gaz kromatografisi - Kütle Spektrometresi
HCl	:	Hidroklorik Asit
KCl	:	Potasyum Klorür
kob	:	Koloni oluşturan birim
LAB	:	Laktik asit bakteri
log	:	Logaritmik
MbO_2	:	Oksimiyoglobin
MDA	:	Malondialdehit
MetMb	:	Metmiyoglobin
MRS	:	de Man Rogosa Sharpe Agar
M/S	:	*Micrococcus* /*Staphylococcus*
MSA	:	Mannitol Salt Phenol Red Agar
NaCl	:	Sodyum Klorür
Na_2CO_3	:	Sodyum Karbonat
NaOH	:	Sodyum Hidroksit
NOMb		Nitrozomyoglobin
PCA	:	Plate Count Agar
ppm	:	Milyonda bir birim
SAC		S-allil sistein
SIFT-MS		Seçilmiş iyon akış tüpü kütle spektrometrisi
TAMB	:	Toplam aerobik mezofilik bakteri
TAPB	:	Toplam aerobik psikrotrofik bakteri
TBA	:	Tiyobarbitürik asit
TBARS	:	Tiyobarbütirik asit reaktif substans
TE	:	Troloks Eşdeğer
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
VRBD	:	Violet Red Bile Dextrose Agar

EKLER LİSTESİ

Sayfa

EK-1:Optimizasyon İçin Kullanılan Hedef Parametreleri..... 175
EK-2:Hedef Değerlere Göre Optimizasyon Sonucu Önerilen Çözümler ve İstenilirlik Değerleri 176
EK-3:Hedef Değerlere Göre Optimizasyon-1 Sonucu Belirlenen İstenirliği En Yüksek Çemen Formülasyonu İçin Veri Rampaları ve İstenilirlik Değerleri 177
EK-4:Hedef Değerlere Göre Optimizasyon-2 Sonucu Belirlenen İstenirliği En Yüksek Çemen Formülasyonu İçin Veri Rampaları ve İstenilirlik Değerleri 178
EK-5:Hedef Değerlere Göre Optimizasyon-3 Sonucu Belirlenen İstenirliği En Yüksek Çemen Formülasyonu İçin Veri Rampaları ve İstenilirlik Değerleri 179
EK-6:Farklı Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Temel Bileşim Unsurları, Tuz, Kalıntı Nitrit, Toplam Gluten İçeriği ve Kesme Kuvvetine Ait Varyans Analiz Sonuçları 180
EK-7:Farklı Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Biyoaktif Özelliklerine ait Varyans Analiz Sonuçları 181
EK-8:Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Amino Asit Profiline ait Varyans Analiz Sonuçları 182
EK-9:Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Nem Miktarı, pH, TBARS, NOMb ve Kürleme Etkinliği Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 184
EK-10:Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Renk Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 185
EK-11: Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Mikrobiyoloji Sonuçlarına ait Varyans Analiz Sonuçları 186
EK-12:Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Duyusal Değerlendirme Puanlarına ait Varyans Analiz Sonuçları 187

1. GİRİŞ

Pastırma, temel itibariyle sığır ve manda karkaslarından büyük parçalar halinde çıkarılan etlerin sökümü ve standardizasyonundan sonra kürleme, kurutma, baskılama, çemenleme ve son kurutma gibi bir dizi işleme tabi tutulan kürlenmiş kurutulmuş geleneksel bir et ürünüdür. Pastırmayı diğer benzer ürünlerden farklı kılan ısı ve tütsüleme işlemlerinin uygulanmamasıdır (Tekinşen ve Doğruer, 2000; Çakıcı ve ark., 2015; Aksu ve ark., 2020a). Çemenleme, pastırma dış yüzeyinin çemen adı verilen sürülebilir bir macun ile kaplanması işlemidir ve pastırma üretiminde en önemli aşamalardan birisidir. Çemen, buy otu tohumu unu (çemen unu), taze sarımsak, kırmızı biber ve yeterli miktarda suyun karıştırılması ile hazırlanmaktadır (Aksu ve ark., 2020b, Turan ve Şimşek, 2022a). Çemenleme işlemi pastırmaya görünüş, renk, tekstür, geleneksel bir tat ve aroma kazandırmasının yanı sıra hava ile teması azaltarak oksidasyonu önleme, dış etkenlere ve zararlılara karşı koruma, aşırı kurumayı önleme, bileşimindeki taze sarımsağın antimikrobiyal etkisi sayesinde mikrobiyal faaliyetin geciktirilmesi gibi birçok fayda sağlamaktadır (Tekinşen ve Doğruer, 2000; Yetim ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2020c). Öte yandan çemen, ülkemizin birçok bölgesinde kahvaltıda ve/veya diğer öğünlerde ekmeğin üzerine sürülerek tek başına da tüketilmektedir (Yetim ve ark., 2017).

Pastırma üretiminde "ikinci kurutma" veya "terleme=terleme" olarak tanımlanan aşama kalite oluşumu açısından çok önemlidir. Bu aşamada et parçalarının yüzeyindeki yağ, sıcaklığın etkisiyle (3-4 gün, 20 ºC) kısmen erir ve etin yüzeyinde yağ damlacıkları oluşur. Ayrıca terleme aşamasında yağda önemli değişimler meydana gelir ve bu değişim pastırmanın duyusal özellikleri açısından arzu edilen bir durumdur. Pastırma üretiminde "ikinci presleme" veya "sıcak denkleme" olarak tanımlanan işlem "ikinci kurutma" aşamasından hemen sonra uygulanmakta ve bu süreçte pastırma kalitesini etkileyen önemli olaylar meydana gelmektedir. İlk olarak, et kısmen su kaybeder ve son şeklini kolayca alır. Daha sonra, "ikinci kurutma" aşamasında etin dış yüzeyinde oluşan yağ damlacıkları preslemenin etkisiyle etin içine nüfuz eder ve pastırma daha iyi bir lezzet ve doku kazanır. "İkinci presleme" aşamasından sonra uygun bir çemenleme işlemi (veya hamur terbiyesi) uygulanmazsa, daha sonraki üretim aşamalarında ve özellikle depolama sırasında lipid oksidasyonu açısından önemli sorunlar meydana gelmektedir. Öte yandan, lipid oksidasyonunun yanı sıra

pastırma üretim ve depolama periyodu süresince meydana gelen protein oksidasyonu da pastırma kalitesini etkilemektedir. Kısaca, geleneksel veya kontrollü koşullar altında üretilen pastırmalarda üretim ve depolama sırasında gerçekleşen oksidatif reaksiyonlar ürün kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Bu bağlamda, pastırma üretimi ve depolanması sırasında oksidatif reaksiyonlar ve renk kaybı gibi sorunların üstesinden gelmek için oksidasyonu önleyen ve depolama stabilitesini artıran katkı maddelerinin kullanımı önemlidir. Ancak, pastırmada ikinci kurutma ve ikinci preslemede yağ bazlı lezzet ve aroma oluşumunun sağlanabilmesi için antioksidanların çemen hamuru veya çemenleme aşamasında eklenmesi tavsiye edimektedir (Tekinşen ve Doğruer, 2000; Erdemir, 2017; Aksu ve ark., 2020, 2022). Ayrıca, hayvansal dokuların oksidatif stabilitesinin diyet yoluyla arttırılması veya antioksidan aktiviteye sahip maddelerin doğrudan et sistemine ilavesi, et proteinlerini karbonilasyona karşı koruyabilecek iki ana strateji olarak önerilmektedir (Estevez, 2011).

Bununla birlikte, geleneksel pastırma çemeninden kaynaklanan ve pastırmanın tüketimini sınırlandıran bazı problemler bulunmaktadır. Çemen ve pastırma tüketimden sonra insanın nefes, ter ve idrarında meydana gelen ve vücuttan atılması uzun süren hoşa gitmeyen koku pasırma tüketimini sınırlandırmaktadır. Bu kokunun azaltılması veya ortadan kaldırılması bazı tüketiciler tarafından talep edilmektedir (Ahhmed, 2014; Ahhmed ve ark., 2017). Ayrıca, geleneksel pastırma çemeninde arzu edilen kırmızılığın sağlanması için sentetik veya böcek (*Dactylopius coccus*) bazlı renklendiricilerin (karmin-karminik asit) kullanımı, kaplamanın dış yüzeyinde etin bozulmasına neden olabilen çatlakların meydana gelmesi, ticari çemen unlarından kaynaklanan gluten nedeniyle çölyak hastaları veya buğday alerjisine sahip kişiler için pastırma tüketiminin sınırlı olması pastırma çemenine atfedilen diğer sorunlardandır (Abdallah ve ark., 2017; Yetim ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2020b, 2020c; Anonim, 2024a). Hoşa gitmeyen kokuyu gidermek için bazı kimyasalların kullanılması, yapay lezzetlendirici ajanların yenilebilir kaplama karışımlarına dahil edilmesi gibi seçenekler tüketicilerin sağlık riski endişeleri nedeniyle karşılık bulmamıştır. Bu çözülmemiş zorluklar ve gıda endüstrisinde yenilebilir akıllı filmlerin kullanımına olan artan ilgi nedeniyle, çemen hamurunun geleneksel olmayan yenilebilir kaplama malzemesi ile değiştirilmesi, gıda kalitesini arttırma, raf ömrünü uzatma ve pastırmada

koku sorunlarını aşma kapasitesi için gerekli hale gelmiştir (Ahhmed ve ark., 2017; Turan ve Şimşek, 2022a).

Pastırma çemenine adını veren ve formülasyonda en fazla kullanılan bileşen, çemen unu olarak bilinen buy otu (*Trigonella foenum graecum* L.) tohumu unudur (Tekinşen ve Doğruer, 2000). Birçok teknolojik ve sağlığa faydalı özelliklerine rağmen, çemen tohumu acımsı bir tada sahiptir ve vücuda alındıktan sonra insan ter ve idrarında akçaağaç şurubu ile benzer ve tipik çemen kokusu olarak bilinen rahatsız edici bir kokuya sebep olduğundan tüketimi sınırlı kalmaktadır. Ayrıca, bu sınırlamanın üstesinden gelmenin, gıda bilimcileri için büyük bir zorluk olduğu çeşitli çalışmalarda vurgulanmıştır (Mebazaa ve ark., 2009; Chaubey ve ark., 2018; Ahhmed ve ark., 2017).

Günümüzde pastırma üretiminde kullanılan çemen unları saf değildir ve genellikle buğday ve burçak unu ile birlikte bir karışım halindedir. Saf buy otu tohumlarının tek başına un haline getirilmesi sırasında karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek, daha parlak ve lezzetli pastırma çemeni elde etmek, yapılarındaki nişasta sayesinde çemende çatlamaların oluşmasını engellemek ve pastırmada fazla rutubet kaybını önlemek için çemen unlarına buğday ve burçak unu katılmaktadır (Doğruer ve ark., 1998; Tekinşen ve Doğruer, 2000). Piyasada pastırma üretiminde kullanılan ve çemen unu diye satılan un karışımlarının gluten içermesi, gluten hassasiyeti olan çölyak hastaları veya buğday alerjisine sahip kişiler için pastırma tüketimini sınırlandırmaktadır (Anonim, 2024a). Bu problemin üstesinden gelebilmek için birçok et ürünleri üreticisi pastırmayı "çemeni sıyrılmış pastırma" şeklinde tüketiciye sunmaktadır (Anonim, 2024b, 2024c, 2024d, 2024e). Hatta bünyesindeki tüm şarküteri et ürünlerinde gluten içeriğini azaltma üzerine Ar-Ge faaliyetleri yürüten bazı şirketler çemeni sıyrılmış pastırma ambalajlarına "gluten içermez" ibaresi ekleyerek çölyak hastaları için de ürün çeşitliliği sağlamaya çalışmaktadır (Anonim, 2024b, 2024f). Bununla birlikte, bazı firmalar çemeni sıyrılmış pastırmada bile gluten içerebilir ibaresine yer vererek tüketicilere alerjen uyarısında bulunmaktadır (Anonim, 2024g). Bu durum, gluten hassasiyetine sahip kişiler için sağlık riski oluşturmaktadır.

Pastırma çemeni formülasyonunda %10-35 arasında yüksek oranlarda kullanılan temel bileşenlerden birisi de taze sarımsaktır (Tekinşen ve Doğruer, 2000). Sarımsak pastırmaya lezzet kazandırmasının yanı sıra antibakteriyal ve antifungal etki gösterek pastırmayı mikrobiyal bozulmaya karşı muhafaza etmektedir (Doğruer ve ark., 1998). Ülkemizde sarımsak yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı yerler arasında Kastamonu, Kahramanmaraş, Balıkesir ve Gaziantep illeri ön sıralardadır. Ancak yıllık kişi başı sarımsak tüketim miktarının 1 kg'dan az olması (Akan ve Ünüvar, 2017), sarımsağın sağlığa faydalarının bilinmesine rağmen keskin kokusu ve acı tadı sebebiyle pek çok kişinin sarımsak tüketiminden kaçındığını göstermektedir. Çemen bileşimindeki yüksek sarımsak konsantrasyonun aynı zamanda pastırmanın beğeniyle tüketilmesinde de bir dezavantaj oluşturduğu, pastırmada sarımsak ve çemen otundan kaynaklanan kokunun azaltılması veya ortadan kaldırılmasının bazı tüketiciler tarafından talep edildiği bildirilmiştir (Ahhmed, 2014; Ahhmed ve ark., 2017; Turan ve Şimşek, 2022a). Bu bağlamda, çemendeki sarımsak miktarının azaltılarak aynı etkiyi gösterebilecek yeni katkı maddesine ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır (Tekinşen ve ark., 1999).

Tüketici tercihleri tüm gıda sektöründe olduğu gibi et teknolojisi üreticileri için de öncelikli önem arz etmektedir. Bu doğrultuda birçok firma değişen tüketim alışkanlıkları ve tüketici taleplerini dikkate alarak toplumun her kesiminin taleplerini karşılamak ve satış rakamlarını artırmak için yeni ürün gelişimine ve Ar-Ge faaliyetlerine önem vermektedir. Pastırma, genel tüketici taleplerine bağlı olarak sırt, antrikot, kuşgömü, bohça, şekerpare, seçme yağsız, tütünlük gibi farklı çeşitlerde üretilerek perakende raflarda yer aldığı gibi çemenin tadını ve kokusunu sevmeyen bazı tüketicilerin kişisel tercihleri veya çölyak hastalarının gluten hassasiyeti de dikkate alınarak "çemensiz/çemeni sıyrılmış pastırma" gibi farklı formlarda da tüketici beğenisine sunulmaktadır (Anonim, 2024b, 2024c, 2024d, 2024e). Hatta günümüzde çoğunlukla "çemeni sıyrılmış pastırma" şeklinde dilimlenmiş ve paketlenmiş olarak marketlerin şarküteri bölümlerinde yerini almaktadır. Geleneksel pastırma çemeninin üründen uzaklaştırılarak tüketiciye sunulması, pastırma üretiminde çemen formülasyonunda ve/veya üretim prosesinde alternatif yeni bileşenlerin veya ilave teknolojik işlemlerin kullanımına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Pastırma üretiminde mevcut problemlerin çözümüne yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Ahhmed ve ark. (2017) geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso olarak bilinen Japonlara özgü fermente edilmiş soya fasulyesi macununun pastırmanın genel kalitesi ve arzu edilmeyen kokusunun giderilmesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, özellikle klasik kaplama materyali çemendeki sotolon ve allisin başta olmak üzere organosülfür bileşikler tarafından meydana gelen nahoş kokuyu ortadan kaldırarak pastırmanın lezzetini ve işlevsel özelliklerini geliştirmek için doğal tat, ucuz ve koku maskeleyici stratejiler üzerinde durulmuştur.

Öte yandan, Mısır'da üretilen kürlenmiş kurutulmuş bir et ürününde Abdallah ve ark. (2017) tarafından kitosan film kaplama, Abdallah ve ark. (2018) tarafından ise aljinat ve jelatin bazlı kaplamalar çemene alternatif olarak araştırılmıştır. Ancak, aynı araştırıcı grubu tarafından gerçekleştirilen her iki çalışmada da pastırma olarak adlandırılan et ürününde kürleme karışımı ve uygulanma biçimi, etin kurutma yöntemi, sıcaklığı ve süresi, çemen formülasyonu ve uygulanma biçimi, presleme ve diğer üretim basamakları geleneksel Türk pastırması ile büyük oranda farklılık göstermektedir.

Farklı sürelerde olgunlaştırılan siyah sarımsakların taze sarımsağa ikame olarak pastırma çemeni kalitesi üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada (Turan ve Şimşek, 2022a), siyah sarımsak kullanımı ile pastırma çemeninin keskin tat/aromasının iyileştirildiği ve duyusal kabul edilebilirliğinin artırıldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, aynı çalışmada duyusal değerlendirme sırasında panelistler tarafından siyah sarımsaklı pastırma çemenlerini tükettikten sonra bile muhtemelen çemen ununda kaynaklanan ağızda devam eden bir acılık hissi bildirilmiştir. Siyah sarımsak içeren gruplarda taze sarımsaklı kontrol gruba kıyasla parlaklık ve kırmızılık değerlerinde azalma gözlendiği ve istenen kırmızılığı elde etmek için üretim sürecinde veya formülasyonda ek prosedürlerin gerekli olduğu vurgulanmıştır.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda, pastırma çemeni bileşimindeki taze sarımsak ve çemen ununda (buy otu tohumu unu) kaynaklanan problemlerin üstesinden gelebilmek hem üretici hem de tüketici açısından oldukça önemlidir. Sosyal hayatta ve çalışma ortamında keskin ve hoşa gitmeyen nefes ve vücut kokusunun sosyal ilişkileri olumsuz etkilediği düşünüldüğünde, birçok insan bilinçli olarak çemen ve

pastırma tüketiminden kaçınmaktadır. Bu durum, geleneksel ve kıymetli bir et ürünü olan pastırmanın tüketimini sınırlayan önemli bir problemdir. Ayrıca, çemenli pastırmada mevcut olan gluten içeriğinin güvenilir sınırlara azaltılarak çölyak hastaları gibi özel beslenme gereksinimi olan bireylerin de bu geleneksel ürünü tüketebilmelerine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Mevcut problemlerden ve literatür bilgilerinden yola çıkarak hazırlanan bu tez çalışmasında, pastırma çemeni üretiminde ticari çemen unu ve taze sarımsağa ikame olarak kinoa unları (beyaz, kırmızı, siyah) ve siyah sarımsak kullanımı ile çemenden kaynaklanan problemlerin azaltılması/giderilmesi ve toplumun tüm kesiminin rahatlıkla tüketebileceği duyusal ve fonksiyonel özellikleri gelişmiş pastırma üretimi amaçlanmıştır. Ayrıca, kinoa ve siyah sarımsağın biyoaktif özelliklerinden faydalanılarak pastırmada oksidatif reaksiyonların geciktirilmesi ve raf ömrünün artırılması hedeflenmiştir. Kinoa unu/ticari çemen unu ve siyah sarımsak/taze sarımsak ikame karışımları kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin 120 günlük depolama periyodu boyunca pastırmanın uçucu bileşik profili, duyusal kabul edilebilirliği, oksidatif stabilitesi, toplam gluten içeriği, mikrobiyal kalitesi, amino asit profili, renk, tekstür ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri detaylı olarak ilk kez ortaya konulmuştur. Literatürde kinoa tohumlarının ve siyah sarımsağın et ürünlerinde kullanımı üzerine çalışmalar bulunmasına karşın (Kim ve ark., 2019; Lee ve ark., 2019; Fernández-López ve ark., 2020; Tafadzwa ve ark., 2021; Bahmanyar ve ark., 2021), pastırma üretiminde kullanımı ile ilgili herhangi bir çalışma olmaması tezin özgün değerini ortaya koymaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Buy Otu Tohumu

Buy otu (çemen otu), Fabaceae familyasına ait olup bitkinin tohumları, çemen otu bitkisinin en önemli ve yararlı kısmıdır. Tüm tohum veya öğütülmüş tozu turşu, sebze yemekleri ve baharat karışımlarında kullanılır. Kavrulmuş ve öğütülmüş çemen tohumu, köri tozlarının önemli bir bileşenidir ve genellikle ekmeklik tahıllarla karıştırılarak kullanılmaktadır. Eski zamanlardan beri tıbbi uygulamalarda ve yemeklerde kullanılmasının yanında ilaç ve fonksiyonel gıda endüstrisinde vanilya, akçaağaç şurubu ve diğer birçok ürünün ikame edilmesinde, steroid ve bazı hormonların üretiminde sakızımsı, lifli, yapışkan yapıdaki çemen tohumlarından faydalanılmaktadır (Mebazaa ve ark., 2011; Meghwal ve Goswami, 2012; Ouzir ve ark., 2016). Tohumun yaklaşık bileşimi %45-60 karbonhidrat, %20-25 protein, %5-7 yağ, %6-11 nem, piridin alkaloidler, saponinler, serbest amino asitler, mineraller, vitaminlerden oluşur (El Nasri ve El Tinay, 2007; Naidu ve ark., 2011; Niknam ve ark., 2021).

Buy otu gum maddesi (çözünür lifi) koyulaştırıcı, emülsifiyer, jelleştirici ve enkapsülle edici ajan olarak kullanılır (Zandi ve ark., 2015; Niknam ve ark., 2021). Yüksek protein içeriğinin yanı sıra ve özellikle galaktomannanlar olmak üzere yüksek lif içeriği çemen tohumlarında fonksiyonel özelliklerden sorumludur (Mabrouki ve ark., 2015; Atlaw ve Kumar, 2018; Sakhare ve ark., 2020). Çemen tohumu unu, pastırma çemeninin temel bileşeni (Doğruer ve ark., 1998; Turan ve Şimşek, 2022a; Aksu ve ark., 2020a) olmasının yanı sıra ekmek (Chaubey ve ark., 2018), sosis (Ktari ve ark., 2017), bisküvi (Kasaye ve Jha, 2015) ve ekstrüde ürün (Wani ve Kumar, 2016) dahil olmak üzere birçok gıda uygulamasında kullanılmaktadır.

Çemen otunda bulunan tüm kimyasallar arasında, 4-hidroksiizolösin, trigonellin, diosgenin, sapojeninler ve galaktomannanlar farmakolojik aktivitelerinin çoğuna katkıda bulunan önemli bileşenlerdir. Çemen tohumu antidiyabetik, antikanserojenik, hipokolesterolemik, antiinflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal ve kan temizleyici özelliklerine ek olarak terletici özelliğinden dolayı vücudu terleme yardımı ile detoksifiye eder (Wani ve Kumar, 2018; Hilles ve Mahmood, 2021; Dhull ve ark., 2021).

Birçok teknolojik ve sağlığa faydalı özelliklerine rağmen, çemen otu acımsı bir tada sahiptir ve vücuda alındıktan sonra insan ter ve idrarında akçaağaç şurubu ile benzer ve tipik çemen kokusu olarak bilinen rahatsız edici bir kokuya sebep olduğundan tüketimi sınırlı kalmaktadır. İnsanların çemen tohumunu doğrudan ve/veya gıda formülasyonları içerisinde tüketiminden kaçınmasının sebebi olan bu acı tat ve keskin kokunun sorumlusu tohumların alkaloid ve uçucu bileşikleridir. Acı tat esas olarak yağ, saponinler, tanenler ve alkaloitlerden kaynaklanırken, yanmış şeker, köri veya akçaağaç şurubuna benzeyen kokusu ise başta sotolon (3-hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone) olmak üzere bazı uçucu bileşenlerle ilişkilidir (Korman ve ark., 2001; Mebazaa ve ark., 2011; Dhull ve ark., 2021). Çemen otu tüketimini sınırlandıran bu acılığın azaltılması/giderilmesi gıda araştırmacıları ve gastronomi sektörü için zor olsa da bu amaç doğrultusunda yıkama, suda bekletme, çimlendirme, otoklavlama ve kavurma gibi farklı yaklaşımlar uygulanmıştır (Chaubey ve ark., 2018; Dhull ve ark., 2021; Niknam ve ark., 2021).

Sotolon (3-hidroksi-4,5-dimetil-2 (5H) -furanon), gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ve gaz kromatografisi-olfaktometriye (GC-O) dayanarak, çemen tohumlarının kuvvetli nahoş kokusundan sorumlu ana etkili bileşik olarak tanımlanmıştır. Çemen tohumunda sotolonun tipik konsantrasyon aralığı coğrafi kökene bağlı olarak yaklaşık 3-12 mg/kg'dır. Bu molekül, eşik değeri havada 0.02 ng/L ve suda 0.3 µg/ kg olarak oldukça düşük olan mükemmel aroma potansiyeline sahiptir ve çemen tohumundaki sotolonun konsantrasyonu genellikle koku eşiğinden en az 3000 kat daha yüksektir (Blank ve ark., 1997; Mebazaa ve ark., 2009).

Mebazaa ve ark. (2011) çemen otu tüketiminden sonra insan koltuk altı terinde çok çeşitli kimyasal yapılara sahip toplam 44 uçucu bileşik belirlemiş ve başta 2,5-dimetilpirazin olmak üzere sekiz tanesinin terde algılanan güçlü akçaağaç şurubu kokusundan sorumlu olduğunu tespit etmişlerdir.

Rahatsız edici kokunun yanı sıra çeşitli olumsuz etkileri nedeniyle hamilelik sırasında ve kardiyovasküler hastalıkları olan hastalarda çemen otu kullanılmaması önerilmektedir (Ouzir ve ark., 2016; Aasim ve ark., 2018). Öte yandan, emziren annelerin çemen tohumu tüketmesi durumunda amino asit metabolizmasının doğuştan bir hatası olan, nörolojik hasara yol açabilen ve yeni doğan bebeklerin ter ve

idrarlarında akçaağaç şurubu kokusunun varlığı ile ortaya çıkan "akçaağaç şurubu idrar hastalığı"' (MSUD)'nın yanlış teşhisine yol açtığı rapor edilmiştir (Korman ve ark., 2001; Mebazaa ve ark., 2011). Yanlış tanı konulan 'yalancı-MSUD" olan bebekler tamamen sağlıklıdır ve klasik MSUD belirtilerinin hiçbirini göstermezler. Tipik koku, doğumdan sonraki ilk saatlerde azami düzeydedir ve daha sonra, yaşamın üçüncü gününe kadar kademeli olarak azalarak tamamen uzaklaşmaktadır (Mebazaa ve ark., 2010).

Çemen otunun tüketimini sınırlandıran diğer bir faktör toksikolojik etkileri ile ilgili endişelerdir. Çemen otu, geleneksel olarak gıda ya da tıbbi bitki olarak insan tüketimi için güvenli olarak kabul edilmesine rağmen bazı durumlarda nörogelişimsel, nöro-davranışsal ve nöropatolojik yan etkilerinin yanı sıra yer fıstığı, soya, mercimek, bezelye, fasulye ve nohut gibi baklagil ailesinden bitkilerle çapraz reaksiyonlar göstererek alerjik hastalarda risk oluşturabilmektedir (Fæste ve ark., 2009; Meghwal ve Goswami, 2012; Ouzir ve ark., 2016). Ayrıca, çemen tohumundaki tanenler, tripsin ve α-kimotripsin inhibitörleri protein sindirilebilirliğini, fitik asit ise fosfor, demir, kalsiyum ve protein biyoyararlanımını azaltmaktadır (Mabrouki ve ark., 2015; Zandi ve ark., 2015; Omri ve ark., 2017).

2.2 Kinoa

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Chenopodiacee familyasından olup tüm dünyada tanımlanan 250'den fazla türü olan Chenopodium cinsine ait bir bitkidir. Binlerce yıl önce özellikle Peru ve Bolivya'da, And Dağları'nda yaşayan insanlar tarafından yetiştirilmeye başlandığı ve Güney Amerika'ya özgü temel bir gıda maddesi olduğu bilinmektedir. Bitkinin tohumları ve yaprakları yenilebilir kısımları teşkil eder ancak ekonomik ve bilimsel olarak en çok bitkinin tohumları popülerdir. Kinoa, tahıl özelliklerine sahip olmasına rağmen Gramineae familyasına ait olmayıp salkım tipi çiçeklenme gibi botanik özelliklerin yanı sıra tuza, dona ve kuraklığa toleransı, marjinal topraklarda yetişme kabiliyeti ve özellikle de tohumunun dengeli protein ve lipid oranına sahip olması, kükürt ve lisinin iyi bir kaynağı olması nedeniyle sağlıklı bir yalancı (pseudo) tahıl olarak dünya çapında ilgi görmektedir (Escuredo ve ark., 2014; Filho ve ark., 2017; Pereira ve ark., 2019). Tuz stresi, daha iyi mutlak ve göreceli büyüme oranlarına neden olmakta ve kinoa yüksek su kullanım verimliliği sayesinde kuraklıktan etkilenen ortamlara uyum sağlayabilmektedir. Bu nedenle,

kinoa FAO tarafından 21. yüzyılda gıda güvenliğini sağlayabilme anlamında önemli mahsullerden biri olarak seçilmiştir. Günümüzde, Güney Amerika, Kuzey Amerika, Asya, Avrupa ve diğer bazı yerlerde kinoa yetiştiriciliği yapılmaktadır. Peru en büyük kinoa üreticisi ve ihracatçısı olup Peru ve Bolivya birlikte dünya üretiminin %90'ını gerçekleştirmektedir ve son birkaç yıldaki küresel artış toplam 160.000 metrik tona yaklaşmıştır (Escuredo ve ark., 2014; Ren ve ark., 2023).

Başlıca ticari kinoa tohum çeşitleri beyaz veya siyah renkli olmasına rağmen, sarı veya kırmızı-mor kinoa taneleri de mevcuttur ve bu çeşitlerin agronomik açıdan korunması ve karakterize edilmesi için güçlü bir çaba sarf edilmiştir (Escribano ve ark., 2017). Beyaz, kırmızı ve siyah kinoa tohumları %9.3-9.6 nem, %2.6-2.8 kül, %14.4-15.6 protein, %6-6.8 yağ, %75.3-77 karbonhidrat içeriğine sahiptir. Renkli kinoa tohumlarının protein ve karbonhidrat içerikleri, fenolik bileşik kompozisyonu, tokoferol miktarı, yağ asidi kompozisyonu, antioksidan aktiviteleri, organik asit kompozisyonu ve diyet liflerinin su tutma kapasitesi birbirinden farklıdır (Tang ve ark., 2015a, 2015b; Pereira ve ark., 2019; Liu ve ark., 2020).

Tam protein kategorisinde sınıflandırılan az sayıda bitkiden birisi olan kinoa, vücudun ihtiyacı olan amino asitlerin tümünü içermektedir. Bu pseudo tahıl, tahıllardan daha fazla protein içeriğine ve esansiyel amino asitlerin dengeli dağılımına sahip olup, çoğu tahıl için sınırlayıcı amino asitler olan lisin, treonin, histidin ve metiyonin bakımından zengindir. Örneğin kinoa, büyüme için gerekli olan lisin açısından soya fasulyesinden 1.4 kat, mısırdan 2.5-5 kat, buğdaydan 20.6 kat ve sütten 14 kat daha fazla zengindir (Escuredo ve ark., 2014; Filho ve ark., 2017; Tan ve Temel, 2019). Kinoanın protein yönünden diğer bir önemi ise gluten içermemesidir. Glutenden yoksun oluşu, kinoayı gluten duyarlılığı ve çölyak hastalığı olan insanlar için sindirilebilir ve güvenilir bir protein ve karbonhidrat kaynağı olarak değerli kılmaktadır (Escuredo ve ark., 2014; Tang ve ark., 2015b). Nitekim FAO'nun belirttiği esansiyel amino asit içeriği ile kıyaslandığında, ideal proteine yakın amino asit dağılımına ve sütteki kazeine benzer protein kalitesine sahip olan kinoanın bu özelliği bitkisel kaynaklı proteinler için önemli bir ayrıcalıktır. Kinoanın protein etkinlik oranı kazeininkine benzer ancak sindirilebilirliği (%84.3) kazeinden (%88.9) biraz daha düşüktür. Öte yandan, yeterli ısıl işlem ve kabuk kısımlarındaki saponin uzaklaştırma

işlemleri ile kinoa proteinlerinin sindirilebilirliği artırılmaktadır (Ruales ve Nair, 1992; Ranhotra ve ark., 1993; Schoenlechner ve ark., 2008).

Kinoa tohumları, çeşitli hastalıkların riskini azaltmak ve sağlığı teşvik edici etkiler sergileme anlamında mükemmel bir fonksiyonel gıda örneğidir (Escuredo ve ark., 2014). Kinoa ile ilgili çalışmalar temel olarak biyoaktif bileşiklere ve bunların potansiyel sağlık faydalarına odaklanmıştır (Tang ve ark., 2015b). Bilimsel çalışmalar kinoanın biyolojik değeri yüksek proteinler ve biyolojik olarak kullanılabilir esansiyel amino asitler, doymamış lipitler, diyet lifi, kompleks karbonhidratlar ve polifenolik bileşikler (fenolik asitler, flavonoidler, lignanlar, stilbenler, tanenler) gibi diğer faydalı biyoaktif bileşikler içerdiğini göstermiştir (Pellegrini ve ark, 2018). Lipidler, proteinler, diyet lifleri, B_1, B_2, B_6, C ve E vitaminleri ve özellikle kalsiyum, fosfor, demir ve çinko gibi mineraller açısından tahıllardan üstündür (Filho ve ark., 2017; Pereira ve ark., 2019). Kinoa, buğday ve mısırdan daha yüksek oranda çözünür diyet lifine sahiptir. Lif kalitesi yüksektir, bu nedenle diyet amaçlı kullanılabilir (Lamothe ve ark., 2015; Tan ve Temel, 2019). Kinoa serbest ve bağlı fenoliklerin önemli bir kaynağıdır (Tang ve ark., 2015a; Han ve ark., 2019). Serbest fenoliklerin diyetle alımı midede ve ince bağırsakta hızla salınım sonucu emilerek düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterol oksidasyonunun ve lipozomların inhibisyonu gibi sağlık yararları sağlarken, bağlı fenoliklerin diyetle alımı ise kolon kanserinin önlenmesinde koruyucu rol oynamaktadır. Genel olarak, gıdalardaki bağlı fenoliklerin gastrointestinal kanalda sindirim olmadan kolona ulaştığı ve mikroflora yoluyla yavaş ve sürekli bir salınım sağladığı, dolayısıyla birçok yararlı etki gösterdiği rapor edilmiştir (Han ve ark., 2019). Renkli kinoa tohumlarında betasiyanidinlerin ve dört tokoferol izoformunun (α, β, γ, δ) tamamının varlığı da bildirilmiştir (Miranda ve ark., 2014; Tang ve ark., 2015a, 2015b). Tokoferol izoformları açısından, kinoa tohumlarında en fazla bulunan γ-tokoferolü sırasıyla α-tokoferol, δ-tokoferol ve β- tokoferol izlemektedir. Siyah kinoanın en yüksek E vitamini ve karotenoid içeriğine sahip olduğu ve bunu kırmızı ve beyaz kinoaların takip ettiği belirlenmiştir (Tang ve ark., 2015b).

Bu zengin bileşimi sayesinde kinoanın kanser, obezite, tansiyon, alerji ve enflamatuar hastalıklar gibi çeşitli hastalıklara karşı koruyucu olduğu, kardiyovasküler hastalık riskini azaltabileceği, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu birçok çalışmada tespit edilmiştir (Pereira ve ark., 2019; Han ve ark., 2019; Pereira ve

ark., 2020; Ren ve ark., 2023). Kinoa tohumlarının antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu da yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Şili'nin üç farklı coğrafi bölgesinde yetişen altı farklı kinoa tohumlarının antimikrobiyal potansiyelinin incelendiği bir çalışmada, tüm kinoa özlerinin, *E. coli* için 8.3 -14.8 mm ve *S. aureus* için 8.5 - 15.0 mm inhibisyon zonu aralığında antimikrobiyal aktivite gösterdiği saptanmıştır. Etkili antimikrobiyal özellik gösteren ana bileşenlerin temel grupları arasında saponinler, flavonoidler, karvakrol, timol, sitral, öjenol, linalool, terpenler ve bunların prekürsörleri bildirilmiştir (Miranda ve ark., 2014). Pereira ve ark. (2020) kinoa tanelerinin tümör hücre hatlarında herhangi bir anti-proliferatif kapasite göstermediğini ve herhangi bir toksisiteye sahip olmadığını tespit etmişlerdir. Araştırıcılar ayrıca, kinoa ekstraktlarının test edilen mikrobiyal suşlara karşı antibakteriyel ve antifungal aktivitelere sahip olup, minimum bakterisidal konsantrasyonlar (ortalama MBC 0.153-0.916 mg/mL) ve minimum fungisidal konsantrasyonlar (ortalama MFC 0.211-0.884 mg/mL) açısından umut verici değerler sergilediğini belirtmişlerdir.

Gluten içermeyen kinoa unları, yüksek protein ve diyet lif içeriği, biyoaktif bileşenlerce zengin oluşu ve üstün su bağlama ve hamur oluşturma kabiliyeti gibi tekno-fonksiyonel özellikleri sayesinde fonksiyonel gıda üretimi için oldukça uygun bir kaynaktır (Montemurro ve ark., 2019; Fernández-López ve ark., 2021). Kinoanın farklı fraksiyonlarının (tohum, un, yağ, özüt, protein konsantreleri ve hidrolizatları vb.) yağ ikame bileşeni, besinsel ve fonksiyol özelikleri geliştirici, amino asit (lizin gibi) takviyesi ve glutensiz ürün gelişimi gibi farklı amaçlar için emülsiyon tipi ürünler, içecekler, fırın ürünleri vb. birçok gıda uygulaması üzerine çalışmalar mevcuttur (Graf ve ark., 2015; Fernández-López ve ark., 2020, 2021; Tafadzwa ve ark., 2021; Sekhavatizadeh ve ark., 2022; Ren ve ark., 2023). Ticari kinoa tohumları acılığa neden olan saponinleri uzaklaştırmak için işlemlerden geçirilse de kinoa tohumları et ürünlerinde kullanılmadan önce saponin kalıntılarını gidermek için yıkanır ve un haline getirilir. Kinoa tohumlarının fonksiyonel ve teknolojik özellikleri özellikleri geliştirmek amacıyla ilave edildiği et ürünlerinde duyusal özellikleri olumsuz etkilemediği hatta geliştirdiği bildirilmiştir (Bahmanyar ve ark., 2021; Fernández-López ve ark., 2021; Tafadzwa ve ark., 2021).

2.3 Siyah Sarımsak

Sarımsak (*Allium sativum*) çeşni ve tedavi edici olarak yüzyıllardan beri kullanılmaktadır (Morbidoni ve ark., 2001). Birçok çalışma, sarımsağın antimikrobiyal, antiviral, antikanser, antioksidan, antihipertansif özellikleri dahil olmak üzere geniş biyoaktif etkilere sahip olduğunu bildirmektedir (Yun ve ark., 2014; Bayan ve ark., 2014; El-Saber Batiha ve ark., 2020). Bununla birlikte, hoşa gitmeyen sarımsak nefes ve vücut kokusu, alerjik reaksiyonlar, gastrointestinal sorunlar ve cilt problemleri gibi olumsuz etkiler nedeniyle işlenmemiş çiğ sarımsak tüketimi sınırlıdır (Morbidoni ve ark., 2001; Stevinson ve ark., 2000; Borrelli ve ark., 2007).

Sarımsağın biyoaktif özelliklerinin antioksidan polifenolik ve biyoaktif sülfür bileşikleri ile ilişkili olmasına rağmen, sarımsak parçalandığı ve hasar gördüğü zaman bu biyoaktif sülfür bileşiklerinin bazıları tüketicilerde istenmeyen vücut ve nefes kokusuna neden olan keskin bir koku meydana getirmektedir (Choi ve ark., 2014; Mirondo ve Barringer, 2016; Özcan-Sinir ve Barringer, 2021). Diallil disülfid, allil merkaptan, allil metil disülfür ve allil metil sülfür sarımsak nefesiyle ilişkili başlıca bileşiklerdir (Mirondo ve Barringer, 2016). Sarımsak tüketimi birkaç saatten günlere kadar sürebilen ağız ve vücut kokusuna neden olmaktadır (Hansanugrum ve Barringer, 2010). Bu rahatsız edici nefes ve kalıcı vücut kokusundan dolayı sosyal hayatta ikili ilişkilere önem veren insanlar sarımsak tüketiminden kaçınmaktadır (Amiraian ve Sobal, 2009; Sharma ve ark., 2011). Bu nedenle, insanların sınır olmadan tüketebilmesi için taze sarımsak kokusunun uzaklaştığı, organoleptik ve fonksiyonel özellikleri gelişmiş sarımsak ürünleri elde etmek amacıyla ısı uygulaması başta olmak üzere, çeşitli gıda ürünleri (çay vb. içecekler, bitkiler, meyve-sebzeler ve süt ürünleri) ile birlikte tüketim ve fermantasyon gibi birçok endüstriyel işlem araştırılmaktadır (Negishi ve ark., 2002, 2004; Bae ve ark., 2014; Munch ve Barringer, 2014; Mirondo ve Barringer, 2016; Toledano-Medina ve ark., 2016). Tüm bu arayış ve işleme metodları neticesinde ortaya çıkan sarımsak ürünlerinden birisi de ülkemizde henüz yeteri kadar tanınmayan siyah sarımsaktır.

Siyah sarımsak üretimi, bütün haldeki taze sarımsakların kontrollü sıcaklık (60-90 °C) ve bağıl nem (%70-90 RH) şartlarında herhangi bir ilave işlem ve/veya katkı maddesi olmaksızın yaklaşık bir ay boyunca doğal fermantasyonu yoluyla gerçekleştirilir (Zhang ve ark., 2016; Qiu ve ark., 2020). Siyah sarımsak için literatürde sıcaklık (40-90°C), bağıl nem (%50-95) ve olgunlaşma süresinin (8-69 gün) çok geniş aralıklarda uygulandığı farklı üretim koşulları bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2016; Qiu ve ark., 2020; Afzaal ve ark., 2021; Turan ve Şimşek, 2023). İşleme koşulları yerel uygulamalar ve son üründe istenen özelliklere bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterdiğinden siyah sarımsağın standart bir üretim yöntemi yoktur. İyi kalite ve lezzette siyah sarımsak üretimi için 70 ºC sıcaklık ve %80 bağıl nem şartlarında otuz gün işleme yöntemi önerilse de (Zhang ve ark., 2016), son yıllarda duyusal, tekstürel ve biyoaktif özellikler açısından en uygun üretim şartlarını belirlemeye yönelik optimizasyon çalışmalarına ilgi giderek artmaktadır (Chang ve Jang, 2021; Dursun Capar ve ark., 2022; Şaşmaz ve ark., 2023).

Sarımsağın ısıl işleme tabi tutulması renk, tekstür, tat ve besinsel özelliklerinde önemli değişiklikler ile sonuçlanır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının en önemli tipi olan Maillard reaksiyonu siyah sarımsak üretiminde ana faktör olarak kabul edilmektedir (Turan ve Şimşek, 2023). Siyah sarımsak, yumuşak ve elastik bir tekstür, kahverengi/siyah diş renkleri ve taze sarımsağın rahatsız edici kokusundan uzak tatlı-ekşimsi bir lezzet ile karakterize edilir (Bae ve ark., 2014). Isıl işleme maruz kalan siyah sarımsak örneklerinde su aktivitesi (a_w) ve pH değeri azalırken pH genellikle 4'ün altındadır (Bae ve ark., 2014; Toledano Medina ve ark., 2016).

Taze sarımsak, sülfürlü bileşiklerin önemli bir kaynağı olup keskin bir koku ve acımsı tada sahiptir. Bununla birlikte, sarımsağın 60 °C'nin üzerine ısıtılması, allinazın inaktivasyonuna ve ısıl işlem nedeniyle allisin oluşumunun %80'e kadar azalmasına neden olur (Zhang ve ark., 2016; Afzaal ve ark., 2021). Bu durumda, allisinin olgunlaşma periyodu boyunca S-allil-merkaptosistein (SAMC) ve S-allil sistein (SAC) dahil olmak üzere suda çözülebilir antioksidan bileşiklere dönüşümü gerçekleşir (Kim ve ark., 2012). Bu yüzden, olgunlaşmış siyah sarımsak, taze sarımsağın güçlü kokusuna sahip değildir. SAC, sarımsağın faydalı etkilerinden (antioksidan, antikanser, kalp ve karaciğer koruyucu vb.) sorumlu sülfür içeren bileşiklerden birisidir. Siyah sarımsak üretimi sırasında SAC miktarında meydana gelen artış (5-8

kat) oldukça önemli olup SAC miktarı ve stabilitesi siyah sarımsak için önemli bir kalite göstergesidir (Sasaki ve ark., 2007; Bae ve ark., 2012, 2014; Javed ve Ahmed, 2022).

Olgunlaşma sürecinde, siyah sarımsağın biyoaktivitesi farklı bileşenlerin (karbonhidratlar, amino asitler, polifenoller ve uçucu bileşikler) modifikasyonu ve etkileşimi sonucunda taze sarımsağa kıyasla artmaktadır (Afzaal ve ark., 2021). Siyah sarımsağın fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi taze sarımsağa kıyasla çok daha yüksektir (Toledano-Medina ve ark., 2016; Qiu ve ark., 2020). Hidroksisinnamik asit (klorojenik asit, kafeik asit, *o*-kumarik asit ve *p*-kumarik asit) ve hidroksibenzoik asit (gallik asit) türevleri siyah sarımsaktaki başlıca fenolik bileşiklerdir (Kim ve ark., 2013b; Najman ve ark., 2021). Siyah sarımsak, taze sarımsaktan daha yüksek protein lipid, kül ve lif içeriğine sahiptir (Tahir ve ark., 2022; Liu ve ark., 2018; Sasaki ve ark., 2007; Hue ve ark., 2022; Chua ve ark., 2022). Karbonhidrat profili de değişerek sakkaroz, fruktoz ve glikoz içerikleri dahil olmak üzere karbonhidrat miktarı artmaktadır (Sasaki ve ark., 2007; Kang, 2016). Olgunlaşma süreci, indirgen şeker ve organik asit miktarındaki artışın yanı sıra fruktanların tam hidrolizi ile fruktoz içeriğinin artmasına ve siyah sarımsağa özgü ekşi-tatlı tadın ortaya çıkmasına neden olur (Toledano-Medina ve ark., 2016; Qiu ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2015; Liu ve ark., 2018). Siyah sarımsağın suda çözünen vitamin içeriği taze sarımsağa kıyasla yüksek, yağda çözünen vitamin içeriği ise daha düşüktür (Kang, 2016; Kim ve ark., 2013a; Choi ve ark., 2008).

Taze sarımsak yüksek sıcaklıklarda siyah sarımsağa dönüştürüldüğünde, proteinler denatüre olmakta ve bazı serbest amino asitler Maillard reaksiyonuna katılmaktadır. Siyah sarımsağın amino asit profili incelendiğinde, bazı amino asitlerin (aspartik asit, alanin, valin, sistein, lösin, izolösin ve fenilalanin) içeriği taze sarımsağa kıyasla artmasına rağmen, toplam amino asit içeriği azalmaktadır (Choi ve ark., 2014, Kang, 2016; Liu ve ark., 2018; Chang ve Jang, 2021). En hakim amino asitler glutamik asit, arjinin, glisin, sistein, valin ve triptofandır (Kang, 2016; Ahmed ve Wang, 2021; Şaşmaz ve ark., 2022).

Isıl işlem neticesinde siyah sarımsak örneklerinde Maillard reaksiyonunun önemli bir ara ürünü olan HMF oluşumu önemli derecede (4.82 g/kg'a kadar) artmaktadır. Artan üretim sıcaklığı HMF oluşumunu hızlandırırken, yaklaşık 4 g/kg HMF varlığında sarımsağın rengi siyaha dönüşmektedir (Zhang ve ark., 2016; Liu ve ark., 2018; Şaşmaz ve ark., 2022). Öte yandan, siyah sarımsak üretim sürecinde uygulanan ön işlemler son ürün kalitesini ve HMF oluşumunu önemli ölçüde etkilemektedir. Siyah sarımsak üretim süresinin kısaltılması için dondurma (60-90 günden 22 güne) ve yüksek basınç (24 günden 15 güne) ön işlemleri önerilmiştir (Li ve ark., 2015, 2020). Benzer şekilde, ohmik ısıtma ön işlemi uygulanan sarımsaklarda daha yüksek HMF oluşumuna rağmen üretim süreci kısalmakta ve organoleptik özellikler gelişmektedir (Ríos-Ríos ve ark., 2021). Epigallokateşin gallat solüsyonu (%5) veya yeşil çay ekstraktı (%4) ile muamele edildikten sonra üretilen siyah sarımsaklarda antioksidan özelliklerde kayıp olmaksızın 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumunu yaklaşık %50-55'e kadar azaltılabilmiştir (Lee ve ark., 2020; Dursun Capar ve ark., 2022). Ayrıca, kabuk soyma ön işlemi siyah sarımsakların duyusal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmektedir (Toledano-Medina ve ark., 2016; Chan ve ark., 2022).

Siyah sarımsak, keskin taze sarımsak kokusuna sahip olmadığı gibi taze sarımsağın aksine mide rahatsızlıklarına veya diğer gastrointestinal sorunlara neden olmaz ve yalnızca soyularak doğrudan tüketilebilir (Zhang ve ark., 2016; Turan ve Şimşek, 2023). Siyah sarımsak, gastrointestinal problemleri ve metabolik hastalıkları önleyici, karaciğeri koruyucu, antitümör, antikanser, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite gibi birçok biyoaktif ve sağlığa faydalı özelliklere sahiptir (Wang ve ark., 2010; Javed ve Ahmed, 2022; Jung ve Sohn, 2014; Chen ve ark., 2018; Afzaal ve ark., 2021; Ahmed ve Wang, 2021). Bu özellikler nedeniyle, siyah sarımsak doğrudan tüketim veya katkı maddesi olarak gıda uygulamalarında kullanım için son derece uygun bir kaynaktır. Siyah sarımsak, çeşitli gıdalarda (içecekler, şekerlemeler, dondurma, sosis, ekmek, yoğurt ve reçel vb.) kullanımının yanı sıra yüksek antioksidan potansiyeli nedeniyle şampuan, kozmetik ürünleri, cilt koruyucu, yüz kremi, sabun vb. gıda dışı ürünlerin formülasyonlarında da yer almaktadır (Afzaal ve ark., 2021; Turan ve Şimşek, 2023). Çizelge 1.1'de siyah sarımsağın gıda uygulamaları ve gözlenen etkileri özetlenmiştir.

Çizelge 1.1 Siyah Sarımsağın Gıda Uygulamaları (Turan ve Şimşek, 2023).

Gıda	Uygulanma şekli	Etki	Kaynak
Domuz köfte	%1-3	Lipid oksidasyonu ↑ Uçucu bazik bileşen ↓ pH ve L* değerleri ↓ Pişirme kaybı ↑ Duyusal Kabul ~	Jin ve ark. (2010)
Domuz köfte	Su ekstraktı (%0.5)	Lipid oksidasyonu ↓ Uçucu bazik bileşen ↓ pH ↓ Depolama ömrü ↑	Lee ve ark. (2019)
Domuz köfte	Siyah sarımsak tozu (%0.5-2)	*a** renk değerleri ↑ *L** renk değerleri ↓ Oksidatif stabilite ↑ Pişirme kaybı ↑ Yapısal özellikler ↑ Duyusal kabul ↑	Kim ve ark. (2019)
Domuz sosis	Ekstrakt (15-30 briks)	Lipid oksidasyonu ve Uçucu bazik bileşen ↓ pH ↓ *L** ve *a** renk değerleri ↓ Depolama stabilitesi ↑ Yapısal ve duyusal özellikler ↑	Shin ve ark. (2011)
Ördek eti	Siyah sarımsak tozu (%0-2)	*a** renk değerleri ↑ pH ve *L** değerleri ↓ Peroksit sayısı ↓ Toplam bakteri sayımı ↓ Antioksidan özellik ↑ Duyusal kabul ↑	Lishianawati ve ark. (2021)
Jambon	Siyah sarımsak ekstraktı 15 Briks (%1-2) 30 Briks (%0.2-1)	Lipid oksidasyonu ↓ pH ↑ *a** ve *L** renk değerleri ↓ Duyusal kabul ~ Stabilite ↑	Yang ve ark. (2011)
Tavuk eti	(1:4 w/v) -Taze ekstrakt -Toz ekstrakt -Enkapsüle ekstrakt	*a** renk değerleri ↑ *L** renk değerleri ↓ Pişirme kaybı ↓ Antioksidan özellik ↑ Su tutma yeteneği ↑ Oksidatif stabilite ↑	Barido ve ark. (2022a)
Tavuk Çorba	(%5 w/w) -Taze ekstrakt -Toz ekstrakt -Enkapsüle ekstrakt	pH değerleri ↓ *a** renk değerleri ↑ *L** renk değerleri ↓ Kimyasal bileşim ~ Pişirme kaybı ~ Antioksidan kapasite ↑ Su tutma kapasitesi ~ TBARS değerleri ↓ Linoleik ve α-linolenik asit ↑ Alanin ↑ Fenilalanin ve Lösin ↓ Furan, karbondisülfit ↑ Diallil Disülfit ↓ etil asetat ↑ Pentanal, heptanal, hekzanal ↓ Lezzet-ilişkili bileşikler ↑	Barido ve ark. (2021), (2022b)

~ önemsiz değişim; ↑ artış; ↓ azalış

Çizelge 1.1 Siyah Sarımsağın Gıda Uygulamaları (Turan ve Şimşek, 2023) **(devamı)**

Gıda	Uygulama şekli	Etki	Kaynak
Yoğurt	%0.5-1.5 (w/v) siyah sarımsak ekstraktı (60 briks)	Fermentasyon hızı ↑ Asitlik ↑ Toplam bakteri ~ Viskozite ↓ *a** ve *b** renk değerleri ↑ *L** renk değerleri ↓ Duyusal kabul ↓	Shin ve ark. (2010)
Ekmek	Hamur bazında %0-12 (w/w)	pH ↓ *L** renk değerleri ↓ *a** ve *b** renk değerleri ↑ Ekmek hacmi ve pişirme kaybı ~ Duyusal kabul ↑	Yang ve ark. (2010)
Ekmek	Un bazında %0-15 (w/w)	Ekmek hacmi ↓ *a** ve *b** renk değerleri ↑ *L** renk değerleri ↓ Duyusal kabul ↑	Wang ve ark. (2013)
Süt reçeli	%0-30 siyah sarımsak ekstraktı	*a** renk değerleri ↑ *L** ve b* renk değerleri ↓ pH ↓ Asitlik ↑ Fenolik ve flavonoid ↑ Antioksidan özellik ↑	Min ve ark. (2022)

~ önemsiz değişim; ↑ artış; ↓ azalış

2.4 Önceki Çalışmalar

Ahhmed ve ark. (2017) tarafından geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso olarak bilinen Japonlara özgü fermente edilmiş soya fasulyesi macununun kullanıldığı bir çalışmada, misonun pastırmanın genel kalitesi üzerine etkileri değerlendirilmiş ve bazı keskin kokulu bileşiklerden (sülfürlü bileşikler, sotolon vb.) kaynaklanan arzu edilmeyen kokunun giderilmesi amaçlanmıştır. Misonun seçimi, zengin bir protein, mineral, vitamin ve diyet lifi kaynağı olması özelliklerine dayandırılmıştır. Miso macunu kaplama ile pastırmanın renk özellikleri, protein yapısı ve aroma profilinin geliştiği, mikrobiyal yükün ise kalite ve raf ömrü için güvenli sınırları aşmadığı belirlenmiştir. Miso kaplı pastırmada stearik asit artışının yanı sıra oleik ve araşidik asitler tespit edilmiştir. Araştırmacılar, miso kaplı pastırmada keskin kokudan sorumlu sülfürlü bileşiklerin hiçbirinin tespit edilemediğini, bu bileşiklerin yerine terpenler (limonen, beta-pinen vb.), esterler (etil hekzanoat, etil octanoate, etil hekzanoat vb.) ve saponinler gibi daha yumuşak, narenciye aromalı, meyvemsi-kavrulmuş lezzete katkıda bulunan aroma bileşiklerin tanımlandığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, kürlenmiş etin miso ile kaplanması ile pastırmanın raf ömrü, lezzeti ve duyusal kabul edilebilirliğinin geliştirilebileceği ve misonun geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak kullanılabileceği tavsiye edilmiştir.

Abdallah ve ark. (2017), pastırma olarak adlandırılan ancak üretim yöntemi geleneksel Türk pastırması ile büyük oranda farklılık gösteren Mısır'da üretilen kürlenmiş kurutulmuş bir et ürününde, yenilebilir bir kaplama olarak kitosan uygulamasının 4 °C'de 4 hafta boyunca depolanan pastırmanın duyusal, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Hazırlanan doksan adet semitendinosus kası kuru kürlenip preslendikten sonra, etlerin yarısı çemen ile geleneksel olarak kaplanmış, diğer yarısı ise %1.5 kitosan çözeltisine (kitosan, asetik asit, gliserol, Tween 80, zeytinyağı, NaOH içeren) daldırılarak kaplanmıştır. Kurutma fırınında 50 ºC'de 15 dk kurutulan pastırmalar bir gün boyunca serin kuru bir yerde bekletilmiştir. Sonuçlar, kitosan kaplı örneklerde renk ve duyusal özelliklerde iyileşme, daha düşük nem kaybı, daha düşük kesme kuvveti değerleri ile belirgin antioksidan etki ortaya koymuştur. Kitosan kaplı örneklerde aerobik bakteri sayısında yaklaşık bir log kob/g azalma kaydedilirken, psikrotrofik, anaerobik, maya ve küf sayılarının tespit edilebilir seviyenin (2 log kob/g) altında olduğu bildirilmiştir. Kitosan kaplama, et işleyicileri için geleneksel pastırma kaplamalarından kaynaklanan sorunların üstesinden gelmek ve pastırmanın pazar değerini artırmak için iyi bir seçenek olarak önerilmiştir.

Abdallah ve ark. (2018) tarafından sodyum aljinat ve jelatin kaplamaların depolama periyodu boyunca Mısır'a özgü pastırmanın kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, kuru kürlenmiş et toplamda üç dk boyunca %2 (w/v) konsantrasyonda hazırlanan aljinat ve jelatin çözeltilerine, kaplama jelini güçlendirmek için ise %2 (w/v) kalsiyum klorür çözeltisine daldırılmıştır. Tüm kaplanmış etler 50 ºC'de 15 dk kurutulmuş ve 24 saat boyunca serin ve kuru bir yerde tutulduktan sonra 4 ºC'de 4 hafta boyunca depolanmıştır. Aljinat ve jelatin kaplanan pastırmaların TBARS değerlerinin (0.67 ve 0.86 mg MDA/kg) depolama periyodu boyunca kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu, ancak geleneksel yöntemle kaplanan pastırmalarda TBARS değerlerinin depolama sonunda 1.33 mg MDA/kg'a ulaşarak sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Geleneksel kaplamaya kıyasla aljinat ve jelatin çözeltileri ile kaplanmış pastırmalarda gelişen gaz bariyer özelliklerine bağlı olarak aerobik bakteri ve küf sayımlarında azalma gözlenmiştir. Alternatif kaplama materyallerinin, geleneksel kaplamaya kıyasla rengin iyileşmesiyle birlikte kalıntı

nitrit içeriğini azalttığı ve ayrıca tüm duyusal özelliklerde belirgin bir iyileşmeye katkı sunduğu bildirilmiştir.

Kocaman (2021) tarafından Tokat mutfağına özgü Tokat çemeninin tüketim sıklığı, tüketim biçimi ve temin etme yolu açısından incelediği bir çalışmada, katılımcıların (293 kişi) %12.6'sının (37 kişi) Tokat çemenini hiç tüketmediği, %50.5'inin (148 kişi) nadiren ve %10.2'si (30 kişi) ise ayda bir sıklıkla Tokat çemeni tükettiğini ifade edilmiştir. Katılımcılar, çemen tüketiminden kaçınmalarının nedeni olarak rahatsız edici koku veya aromasının yanı sıra terde ve idrarda bıraktığı kokuyu belirtmişlerdir. Ter ve idrarda bıraktığı keskin koku nedeniyle özellikle kış aylarında tüketimin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, çemen tozunun kendine özgü aromasından kaynaklanan ter ve idrarda bıraktığı kokunun yörede sevilerek tüketilen bu ürünün tüketim sıklığını baskılayan unsur olduğu vurgulanmıştır.

Turan ve Şimşek (2022a) farklı sürelerde (7-35 gün) olgunlaştırılan siyah sarımsakların taze sarımsağa ikame olarak 90 günlük depolama periyodu boyunca pastırma çemeni kalitesi üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Siyah sarımsak ilavesinin kontrol ile karşılaştırıldığında pastırma çemeninin fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktivitesini artırdığı, sertlik, yapışkanlık, pH ve renk değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. ≥21 gün olgulaştırılarak üretilen siyah sarımsak içeren çemenlerin toplam aerobik mezofilik bakteri sayımları açısından kontrol ile benzerlik gösterdiği, siyah sarımsak eklenen grupların maya ve küf sayılarının ise depolama periyodu boyunca daha yüksek olduğu saptanmıştır. Siyah sarımsağın pastırma çemeninde meyvemsi ve tatlı aromalara sahip esterler ve terpenler gibi uçucu bileşiklerin içeriğini arttırırken, kükürtlü bileşiklerin konsantrasyonunu azalttığı belirlenmiştir. Bu sayede, pastırma çemeninin keskin tat/aroması iyileştirilmiş ve duyusal kabul edilebilirliği artırılmıştır. Pastırma üretiminde siyah sarımsaklı çemen hamurunun kullanılmasının, tüketici kabulünü artırma, antioksidan kapasiteyi geliştirme ve oksidatif reaksiyonları geciktirme konusunda umut verici bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak, en iyi sonuçlar 21 gün olgunlaştırılmış siyah sarımsak ile üretilen çemen gruplarında elde edilmiştir.

Turan ve Şimşek (2022b) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, taze sarımsağa alternatif olarak farklı konsantrasyonlarda (%10, %15, %20) siyah sarımsak kullanımının pastırma çemeninin fizikokimyasal, antioksidan, tektürel ve duyusal özellikleri üzerine etkileri değerlendirilmiş, tüketici kabulü ve biyoaktif özellikler açısından en uygun siyah sarımsak miktarı araştırılmıştır. Artan siyah sarımsak konsantrasyonu ile taze sarımsaklı kontrole kıyasla pastırma çemeninin nem, pH, renk (*L**, *a** ve *b**), sertlik ve yapışkanlık değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Siyah sarımsak ilavesi ile pastırma çemeninin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi artarken, en yüksek değerler %20 siyah sarımsak ilaveli grupta belirlenmiştir. Öte yandan, duyusal parametreler (koku, lezzet, sürülebilirlik ve genel beğeni düzeyi) göz önüne alındığında, %15 siyah sarımsak ile üretilen çemenlerin en fazla beğenildiği saptanmıştır. Sonuç olarak, pastırma çemeni üretiminde %15 siyah sarımsak kullanımı duyusal kabul edilebilirliği ve biyoaktif özellikleri artırmak için taze sarımsağa alternatif olarak önerilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Hammadde ve Sarf Malzemelerin Temini

Pastırma üretiminde hammadde olarak kullanılan sığır *M. longissimus lumborum* kasları Aytaç Gıda Yatırım Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den (Çankırı/Türkiye) temin edilmiştir. Taze sarımsaklar Kastamonu ili Taşköprü ilçesinden, kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) tohumları (beyaz, kırmızı, siyah) Yayla Agro Gıda Sanayi ve Nakliyat A.Ş'den (Mersin, Türkiye), buy otu tohumu (*Trigonella foenum graecum* L.) unu (ticari çemen unu), toz kırmızı biber ve diğer malzemeler ise Ordu piyasasından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

3.2 Siyah Sarımsak Üretimi ve Kinoa Unlarının Hazırlanması

3.2.1 Siyah Sarımsak Üretimi

Kaba temizliği yapılan orta irilikteki 30 kg Taşköprü taze sarımsaklarının 70°C ve %80 bağıl nem şartlarında sıcaklık-nem kontrollü bir kabinde (ILDAM-T120, Ankara, Türkiye) 21 gün olgunlaşmaya bırakılması ile siyah sarımsaklar elde edilmiştir (Zhang ve ark., 2016; Turan ve Şimşek, 2022a). Taze Taşköprü sarımsağı ve üretilen siyah sarımsaklara ait görseller Şekil 3.1'de sunulmuştur.



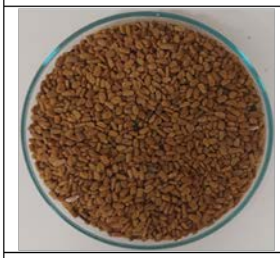
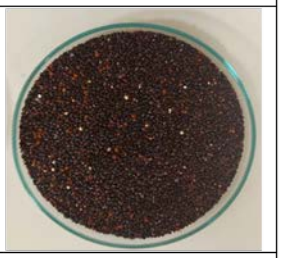
Şekil 3.1 Taze Taşköprü Sarımsağı ve Üretilen Siyah Sarımsaklar

3.2.2 Kinoa Unlarının Hazırlanması

Beyaz, siyah ve kırmızı kinoa tohumlarında acılığa sebep olan saponini uzaklaştırmak için köpürme bitene kadar yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminden sonra delikli fırın tepsisi üzerine yerleştirilen filtre kağıtları üzerine serilen kinoa tohumları kurutma fırınında 45 ºC'de 8-12 saat kurutulmuştur (Nascimento ve ark., 2014). Kurutulan tohumlar, Ünsan Un Sanayi Ticaret A.Ş. (Ünye/Ordu) fabrikasında sanayi tipi öğütücü (Chopin, Fransa) kullanılarak un haline dönüştürülmüş ve pastırma çemeninin tekstürel özelliklerinin olumsuz etkilenmemesi (pütürlü yapı vb.) için farklı çaplardaki (100, 250, 500 mikron) paslanmaz çelik/krom elek sistemi kullanılarak ticari çemen unu ile aynı boyutta kinoa unları elde edilinceye kadar öğütme ve eleme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2, Şekil 3.3).



Şekil 3.2 Kinoa Tohumları ve Öğütme/Eleme Sistemleri

Buy otu tohumu	Beyaz kinoa tohumu	Kırmızı kinoa tohumu	Siyah kinoa tohumu
			
Buy otu tohumu unu	**Beyaz kinoa unu**	**Kırmızı kinoa unu**	**Siyah kinoa unu**
			

Şekil 3.3 Tohumlar ve Elde Edilen Unlar

3.3 Sarımsak ve Un Numunelerinde Yapılan Analizler

3.3.1 Temel Bileşim Unsurları

Nem miktarı, cam petri kaplarına tartılan 5 g örneğin sabit tartıma gelene kadar 105 °C'de kurutulmasının ardından ağırlık farkından faydalanılarak % olarak hesaplanmıştır. Ham protein içeriği için LECO FP-528 azot analiz cihazında (Leco Corp., ABD) Dumas yanması sonucu belirlenen toplam azot esas alınmış ve azot-protein dönüşümü için 6.25 faktörü kullanılmıştır. Yağ miktarı (%), örnekteki yağın Soxhlet düzeneğinde n-hekzan ile ekstraksiyonu sonrası ağırlık farkı esas alınarak belirlenmiştir. Kül miktarı, kül krozelerine tartılan yaklaşık 3 g örneğin 105 ºC'deki ön kurutma işleminden sonra kül fırınında yakılması suretiyle meydana gelen ağırlık kaybı üzerinden hesaplanmıştır (AOAC, 2003).

3.3.2 pH Değeri

Numunelerin saf su (1:10) ile seyreltilmesi ve homojenleştirilmesinin ardından pH ölçümü, uygun tampon çözeltilerle kalibre edilmiş bir pH metre (Mettler Toledo S210, İsviçre) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

3.3.3 Enstrümental Renk Değerleri

Sarımsak ve un örneklerinin enstrümental renk değerleri (L^*, a^* ve b^*) Minolta CR-410 kolorimetre cihazı (Minolta Co, Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Her

bir numuneden dokuz ölçüm yapılmış ve renk ölçümleri yapılmadan önce cihaz seramik kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

3.3.4 Antioksidan Kapasite

3.3.4.1 Ekstraksiyon İşlemi

Sarımsak ve un örneklerinde biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu, bazı değişikliklerle Turan ve Şimşek (2022a)'e göre yapılmıştır. Falkon tüplere tartılan 5 g numune üzerine 45 mL %0.1 HCl içeren metanol:su (80:20, v/v) karışımı ilave edilmiş, ultraturrax ile homojenize edilen karışımlar çalkalamalı inkübatörde 200 rpm'de 2 saat bekletildikten sonra ultrasonik banyoda 50 °C'de 30 dk ekstraksiyona tabii tutulmuştur. Ardından, soğutulan karışımlar 4000 x *g*'de 10 dk santrifüjlenmiş ve süpernatant 0.45 µm'lik şırınga ucu filtrelerden geçirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar, toplam fenolik madde miktarı (TFM), DPPH antiradikal aktivite (DPPH-ARA), ABTS antiradikal aktivite (ABTS-ARA) ve Ferrik iyon indirgeyici antioksidan güç (FRAP) analizlerinde kullanılmıştır.

3.3.4.2 Toplam Fenolik Madde (TFM) Miktarı

Sarımsak ve un örneklerinin TFM içeriği Singleton ve ark. (1999) tarafından tanımlanan Folin-Ciocalteu yöntemine göre bazı modifikasyonlarla belirlenmiştir. Kısaca, test tüpüne aktarılan 1 mL örnek ekstraktı 0.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 0.25 mL sodyum karbonat (Na_2CO_3) solüsyonu (%20, w/v) ile karıştırılmış, karışımın toplam hacmi saf su ile 10 mL'ye ayarlanmıştır. Karanlıkta ve oda sıcaklığında 30 dk inkübasyona bırakılan karışımların kontrole karşı absorbans ölçümleri spektrofotometrede (Shimadzu UVmini-1240, Japonya) 760 nm'de gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar analiz gününde hazırlanan gallik asit çözeltisinin farklı konsantrasyonları ile elde edilen standart eğri yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g örnek olarak hesaplanmıştır.

3.3.4.3 Antioksidan Aktivite Analizleri

Sarımsak ve un numunelerinin antioksidan aktiviteleri DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP olmak üzere üç farklı yöntemle değerlendirilmiştir. DPPH-ARA değerleri için bir deney tüpüne aktarılan 2.9 mL DPPH solüsyonu (0.1 mM), ekstraktların 100 µL'si ile muamele edilmiş ve karışım iyice vortekslendikten sonra 30 ºC'de 30 dk inkübe edilmiştir. İnkübasyonu takiben absorbans okumaları 517 nm'de gerçekleştirilmiştir (Brand-Williams ve ark., 1995). ABTS-ARA için Re ve ark.

(1999) tarafından açıklanan prosedür bazı modifikasyonlar yapılarak takip edilmiştir. Öncelikle, potasyum persülfat (12.25 mM) ve ABTS solüsyonunu (7 mM) içeren karışım, radikal oluşumu için 16 saat karanlıkta bekletilerek ABTS çalışma solüsyonu hazırlanmıştır. Ardından, 734 nm'de absorbans 0.700±0.02 olana kadar etanol ile seyreltilen ABTS çalışma solüsyonu ve farklı konsantrasyonlardaki örnek ekstraktları toplam hacim 3 mL olacak şekilde karıştırılmış ve 6 dk inkübasyon sonunda 734 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. FRAP analizi için deney tüpüne aktarılan 100 µL numune ekstraktları, saf su (900 µL) ve ardından $FeCl_3.6H_2O$ (20 mmol/L), 10 mmol/L TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine;40 mmol/L HCl içinde) ve asetat tampon (0.3 mol/L, pH 3.6) solüsyonlarının uygun hacimsel oranlarda (1:1:10) karıştırılmasıyla hazırlanan FRAP reaktifi (2000 µL) ile karıştırılmıştır. Karışımların absorbans değerleri 37 °C'de 4 dk inkübasyon periyodunun sonunda spektrofotometrede 593 nm'de okunmuştur (Benzie ve Strain, 1996). Her üç antioksidan aktivite analizinin sonuçları günlük hazırlanan troloks çözeltisinin farklı konsantrasyonları ile elde edilen standart eğri yardımıyla µg troloks eşdeğeri (TE)/100 mg numune olarak hesaplanmıştır.

3.3.5 Toplam Gluten Miktarı

Çemen unu ve kinoa unlarının toplam gluten miktarı, bir sandviç enzim immün testi olan ve antijen-antikor reaksiyonuna dayanan ELISA Ridascreen® Total Gluten testi kullanılarak belirlenmiştir (Lacorn ve ark., 2019). Yöntemde miktar belirleme sınırı 5 ppm düzeyindedir.

3.3.6 Amino Asit Kompozisyonu

Sarımsak ve un numunelerinde amino asit profili Bilgin ve ark. (2018) tarafından tarif edildiği gibi JASEM kantitatif amino asit kiti (Sem Laboratuvar Cihazları A.Ş., İstanbul, Türkiye) protokolleri takip edilerek Sıvı Kromatografisi-Kütle/Kütle Spektrometresi (LC-MS/MS) ile gerçekleştirilmiştir. Ticari kit kalibrasyon için beş standart, mobil fazlar, iç standart olarak hedeflenen amino asitlerin etiketlenmiş kararlı izotop karışımları, reaktifler, yöntemin kromatografik ve kütle algılama parametrelerini içermektedir. Örnekler asidik hidroliz içeren modifiye bir prosedür ile hazırlanmış ve analiz Agilent 1260 Infinity-Agilent 6460 Triple Quadrupole System (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, ABD) ile gerçekleştirilmiştir.

Toplam ondokuz amino asidin miktar tayini için 0.5 g homojenize numune 4 mL JASEM Amino Asit Reaktifi (JASEM JSMCL- 508, İstanbul, Türkiye) ile 110 ºC'de 24 saat asidik hidrolize tabi tutulmuş, ardından oda koşullarında soğutulmuş ve 4000×*g*'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Numunenin 800 kat seyreltilmiş hidrolizatları hazırlamak için elde edilen supernatant seyreltilmiştir. Hidroliz adımının ardından, 50 µL standart veya seyreltilmiş hidrolizat bir test tüpüne aktarılmıştır. Ardından, 50 µL dahili standart ve 700 µL JASEM asidik hidroliz reaktifi eklenmiş ve karışım 5 saniye boyunca vortekslenmiştir. Son olarak, hazırlanan karışımın 3 µL'si 30 ºC'ye ayarlanmış Jasem amino asit kolonuna (JASEM JSM-CL-575) enjekte edilmiştir.

Kromatografik ayrım, Jasem'in A ve B mobil fazları kullanılarak 0.7 mL/dk akış hızında gradient program ile 7.5 dk içerisinde gerçekleştirilmiştir. Kütle spektrometresi için iyon kaynağı, polarite, gaz sıcaklığı, gaz akışı, nebülizör basıncı ve kapiler voltaj koşulları sırasıyla ESI (Agilent Jet Stream), pozitif, 150 ºC, 10 L/dk, 40 psi, ve 2000 V (pozitif) olarak belirlenmiştir. Amino asit profil sonuçları g/100 g protein olarak hesaplanmıştır.

Protein kalitesini değerlendirmek için, lösin (LEU), prolin (PRO), tirozin (TYR), histidin (HIS) ve metiyonin (MET) amino asitlerine dayanan aşağıdaki denklemler kullanılarak Protein Etkinlik Oranı (PER) hesaplanmıştır (Chavan ve ark., 2001).

PER_1: -0.684 + 0.456 (LEU) - 0.047 (PRO)

PER_2: -0.468 + 0.454 (LEU) - 0.105 (TYR)

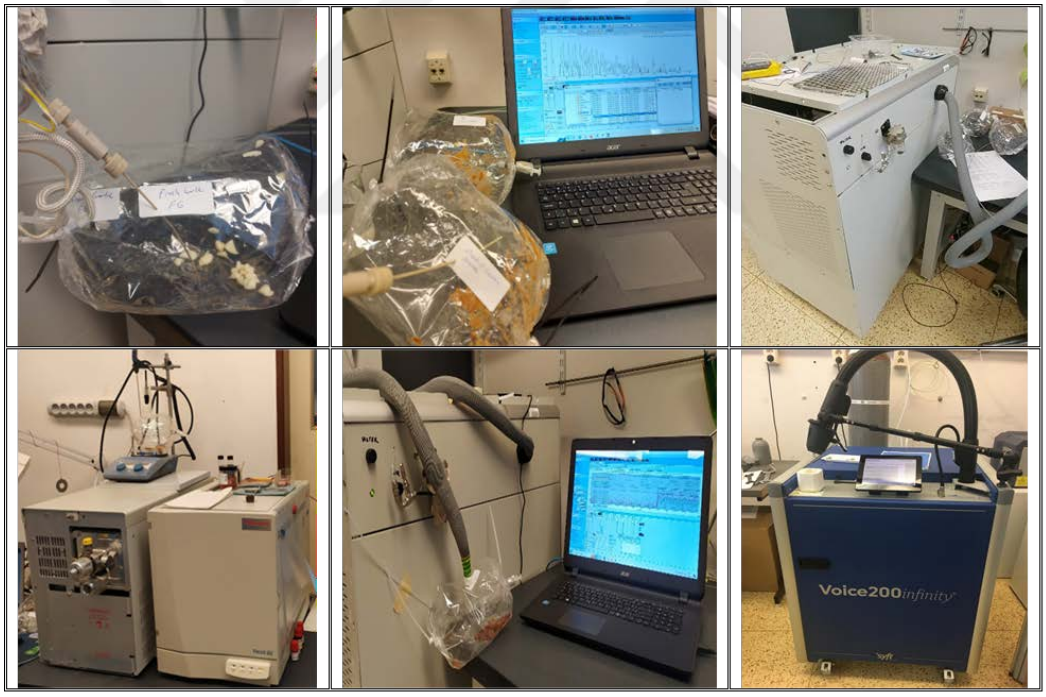
PER_3: -1.816 + 0.435 (MET) - 0.780 (LEU) + 0.211(HIS) - 0.944 (TYR)

3.3.7 Uçucu Bileşik Profili

3.3.7.1 HS-SPME/GC-MS ile Nispi Konsantrasyonların Belirlenmesi

Uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu için tepeboşluğu-katı faz mikro ekstraksiyon yöntemi (HS-SPME) kullanılmıştır (Şekil 3.4). Nalofan poşetlere (Kalle GmbH, Wiesbaden, Almanya) 5 g numune tartılıp bir zero-air jeneratöründen (UHP-10ZA-S, Parker, Gateshead, Birleşik Krallık) sağlanan kuru temiz hava ile doldurulduktan sonra karboksen/polidimetilsiloksan (CAR/PDMS) kaplanmış fibere (75 µm, 24 Ga, Supelco, Sigma-Aldrich, Prag, Çekya) 40 °C sıcaklıkta 30 dk maruz bırakılarak uçucu bileşikler ekstrakte edilmiştir. Daha sonra fiber, bölünmesiz (splitless) enjeksiyon

modda, düşük polariteli VOCOL kapiler kolon (30 m × 0.25 mm i.d. (iç çap), 1.50 µm film kalınlığı (df); Supelco, Sigma-Aldrich, Prag, Çekya) ile donatılmış 210 °C'de tutulan bir gaz kromatografi-kütle spektrometrisi (GC-MS, ITQ 700, Thermo Fisher Scientific, Prag, Çekya) sistemine enjekte edilmiştir (Şekil 3.4). Başlangıçta 8 dk 40 °C'de tutulan fırın sıcaklığı, ardından kademeli olarak 40 °C'den 120 °C'ye kadar 4 °C/dk, 210 °C'ye kadar ise 15 °C/dk yükseltilmiş ve son sıcaklıkta 6 dk bekletilmiştir. Toplam çalışma süresi 40 dk olarak gerçekleşmiştir. 70 eV'de elektron iyonizasyonu, tarama modunda (*m/z* 15-400, tarama hızı 1 tarama/s) çalışan iyon tuzağı tarafından analiz edilen iyonları üretmiştir. Uçucu bileşiklerin nispi konsantrasyonu, elektron iyonizasyon kütle spektrumlarının ve piklerin alıkonma sürelerinin standartların spektrumları ve alıkonma süreleri (Çizelge 3.1) ile karşılaştırılarak ve ayrıca cihaz bünyesindeki Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) kütüphanesi kullanılarak belirlenmiştir (Dryahina ve ark., 2020).



Şekil 3.4 SIFT-MS ve GC-MS ile Gerçekleştirilen Uçucu Bileşik Analizleri

Çizelge 3.1 Uçucu Bileşiklere ait Piklerin Alıkonma Süreleri (RT), Kütle-Yük Oranı (*m/z*) ve Lineer Tutunma Indeksleri (LTI)

Alkonma süresi (RT)	*m/z*	Spektrumdaki en yoğun pik	Bileşik	Formül	MA	LTI
2.18	31	31	Metanol	CH_4O	32	354
2.32	43	43	Asetaldehit	C_2H_4O	44	408
2.58	47	47, 48, 45	Metanetiol (Metil mercaptan)	CH_4S	48	414
2.93	45	31, 45	Etanol	C_2H_6O	46	463
3.54	45	29, 45	Formik asit	CH_2O_2	46	526
3.84	55	28, 55	2-Propenal	C_3H_4O	56	498
3.92	43	43, 58	Aseton	C_3H_6O	58	455
4.74	43	43, 74	Metil asetat	$C_3H_6O_2$	74	487
5.00	76	76	Karbon disulfit	CS_2	76	524
5.26	57	57, 39, 29	2-Propen-1-ol (Alil alkol)	C_3H_6O	58	552
7.39	74	39, 59, 74	Propilen sülfür (Metiltiiran)	C_3H_6S	74	562
7.60	60	43, 45, 60	Asetik asit	$C_2H_4O_2$	60	576
8.97	74	39, 45, 74	Alil merkaptan	C_3H_6S	74	613
11.39	73	43, 45, 73	2-Metildioksolan	$C_4H_8O_2$	88	639
12.20	39	39, 41, 69	2-Bütenal	C_4H_6O	70	615
12.54	73	45, 55, 73	Propanoik asit	$C_3H_6O_2$	74	676
13.48	43	43, 45, 31	Asetol (Hidroksiaseton)	$C_3H_6O_2$	74	698
13.83	73	45, 73, 88	Alil metil sülfit	C_4H_8S	88	660
14.36	43	29, 43, 57	Pentanal	$C_5H_{10}O$	86	707
14.90	43	43, 90	Metil tiyolasetat	C_3H_6OS	90	706
15.95	45	43, 45, 88	Asetoin (3-hidroksibütanon)	$C_4H_8O_2$	88	717
16.38	73	41, 55, 73	2-Metil-propanoik asit (izobütanoik asit)	$C_4H_8O_2$	88	711
17.60	84	39, 55, 84	Dihidropiran	C_5H_8O	84	691
17.70	94	94, 45, 79	Dimetil disülfit	$C_2H_6S_2$	94	722
17.91	55	41, 55, 70	Pentanol	$C_5H_{12}O$	88	761
18.31	60	41, 42, 60	Bütanoik asit	$C_4H_8O_2$	88	775
19.68	57	29, 57, 90	Bütil merkaptan (1-Butanetiol)	$C_4H_{10}S$	90	722
20.33	41	41, 67, 82	Hekzanal	$C_6H_{12}O$	100	806
20.62	59	39, 59, 87	Tiyolan (Tetrahidrotiyofen)	C_4H_8S	88	813
21.31	60	42, 60, 87	İzovalerik asit (3-metilbütanoik asit)	$C_5H_{10}O_2$	102	811
22.05	43	43, 72, 100	Dihidro-2-metil-3-furanon	$C_5H_8O_2$	100	821
23.38	99	99, 45, 71, 114	Dialil sülfit	$C_6H_{10}S$	114	849
23.77	95	95, 96, 67, 39	Furfural	$C_5H_4O_2$	96	831
23.96	74	43, 74, 117	1-asetat 1,2-Propandiol	$C_5H_{10}O_3$	118	848
24.08	97	97, 98, 81, 69	2-furanmetanol (Furfuril alkol)	$C_5H_6O_2$	98	885
24.93	99	99, 79, 114, 45	(Z)-Alil propenil sülfan	$C_6H_{10}S$	114	888
25.09	99	99, 79, 114, 45	(E)-Alil propenil sülfan	$C_6H_{10}S$	114	891
25.54	55	55, 41, 43, 81	Heptanal	$C_7H_{14}O$	114	905
25.71	55	55, 98, 43	5-Metil-2(3H)-furanon	$C_5H_6O_2$	98	897
26.30	111	111, 97	3,4-Dimetiltiyofen	C_6H_8S	112	884
27.07	108	108, 42, 66	4,6-Dimetilpirimidin	$C_6H_8N_2$	108	894
27.13	120	120, 39, 41	Alil metil disülfit	$C_4H_8S_2$	120	911
27.59	95	95, 110, 67, 39	2-Asetilfuran	$C_6H_6O_2$	110	878
28.22	60	60, 73, 87	Hekzanoik asit	$C_6H_{12}O_2$	116	974
29.10	81	81, 138	2-Pentilfuran	$C_9H_{14}O$	138	1040
29.13	43	43, 71, 99	2,3-Oktanedion	$C_8H_{14}O_2$	142	1088
29.84	109	109, 110, 53	5-Metil-2-furaldehit (5-Metilfurfural)	$C_6H_6O_2$	110	920
30.05	126	126, 80, 45	Dimetil trisülfit	$C_2H_6S_3$	126	972
30.24	103	103, 104, 45	1,2-Ditiyol	$C_3H_4S_2$	104	864
30.31	121	121, 122	2,2-Etil-6-metilpirazin	$C_7H_{10}N_2$	122	994
32.19	113	39, 79, 113	Dialil disülfit	$C_6H_{10}S_2$	146	1099
32.45	81	81, 104, 146	Alil (E)-1-Propenil disülfit	$C_6H_{10}S_2$	146	1117
32.55	81	81, 104, 146	Alil (Z)-1-Propenil disülfit	$C_6H_{10}S_2$	146	1117
33.64	87	73, 87, 45, 111	Alil metil trisülfit	$C_4H_8S_3$	152	1161

m/z: Kütle-yük oranı; MA: Molekül Ağırlığı; LTI: Lineer tutunma indeksi (n-alkan serisi)

3.3.7.2 Seçilmiş İyon Akış Tüpü Kütle Spektrometrisi (SIFT-MS) ile Kantitatif Konsantrasyonların Belirlenmesi

Uçucu bileşiklerin kantitatif olarak (ppbv; hacimce milyarda bir) miktarları Dryahina ve ark. (2018, 2020) tarafından verilen yönteme göre SIFT-MS (Profile 3, Instrument Science, Crewe, Birleşik Krallık) cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.5). Reaktif iyonları (H_3O^+, NO^+ veya O_2^+), küçük bir hava karışımı ile su buharı içeren bir mikrodalga deşarj iyon kaynağında üretilmiştir. Bireysel reaktif iyonları kütle-yük oranlarına (*m/z*) göre bir kuadrupol kütle filtresi ile seçilmiş ve 1 Torr basınçta helyum taşıyıcı gaza enjekte edilmiştir. Örnek akış hızı 32 sccm (standard cubic centimeters per minute) olarak ayarlanmıştır.

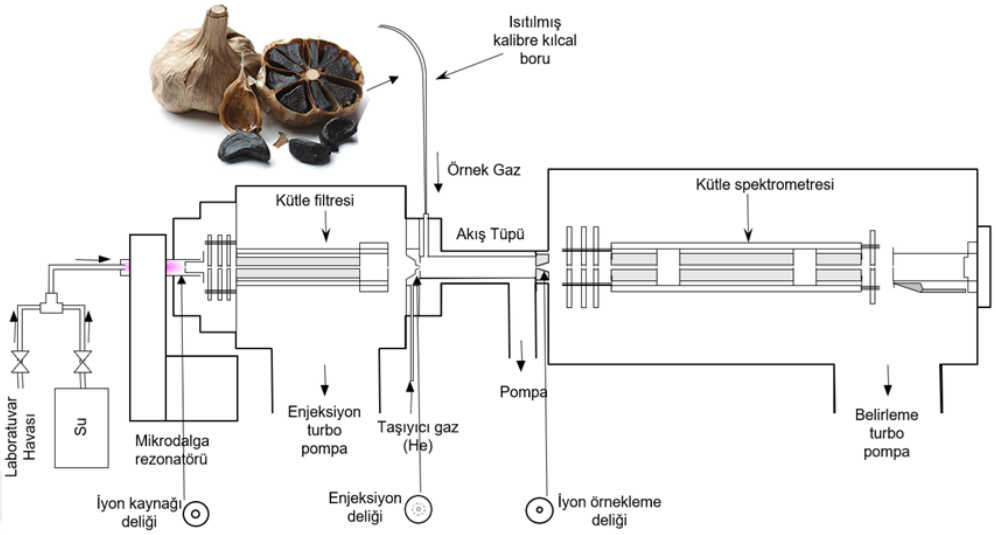
Mevcut çalışmaya ilişkin veriler, iki reaktif iyon (H_3O^+ ve NO^+) bağımsız olarak kullanılarak analitik kütle spektrometresinin tam tarama (fullscan-FS) modu ve/veya çoklu iyon izleme (multiple ion monitoring, MIM) modu kullanılarak elde edilmiştir. SIFT-MS analizlerinde yaygın bir deneyim olarak $O_2^{+\bullet}$ reaktif iyonları kullanılarak elde edilen spektrumların yorumlanması zor olduğundan bu çalışmada $O_2^{+\bullet}$ reaktif iyonlarından yararlanılmamıştır. Öncelikle, numunelerdeki en yoğun iyon fraksiyonlarını tanımlamak için *m/z* 10-250 arasında tam kütle taraması (FS) yapılmıştır. Kayıt için ve daha sonra istenen kontrollere izin vermek için, hem H_3O^+ hem de NO^+ reaktif iyonları kullanılarak her numune için 100'er saniyelik tarama sonucu üç FS spektrumu elde edilmiştir. MIM için bileşiklerin seçiminde, FS spektrumları, HS-SPME/GC-MS sonuçları (Çizelge 4.4; Çizelge 4.17; Çizelge 4.56) ve analiz edilen numuneye ait literatür verileri dikkate alınmıştır. Laboratuvar ortam havası ve temiz kuru hava ile doldurulan Nalophan poşetlerin tepe boşluk ölçümleri kör olarak değerlendirilmiştir. H_3O^+ ve NO^+ reaktif iyonları için MIM analizlerinde ölçüm süresi 180 s olarak uygulanmıştır. Reaktif ve analit iyonlarını içeren, potansiyel örtüşmeler dahil analiz edilen tüm bileşikler için izlenen iyonların *m/z* değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Uçucu bileşiklerin miktar tayini, öncü iyonlar ile hedef uçucu bileşikler arasındaki reaksiyonun reaksiyon hız katsayıları (k) ve dallanma oranları (branching ratios) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunedeki spesifik iz nötr uçucu bileşiklerin miktarının belirlenmesi, önceki SIFT-MS deneylerinde elde edilen kinetik verilerden oluşan kinetik kütüphane kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Gıdalarda uçucu bileşiklerin analizinde yaygın olarak kütle spektrometresi (MS) ile birleştirilmiş, tatmin edici çözünürlük parametrelerine sahip oldukça hassas bir teknik olan gaz kromatografisi (GC) uygulaması kullanılmaktadır. Bununla birlikte, MS analizinden önce ayrıntılı bir numune hazırlama prosedürü ve uzun kromatografik ayırma süresi GC-MS'in gıda numunelerinin uçucu fraksiyonundaki değişiklikleri izlemede uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bu nedenle en iyi çözüm, basit numune hazırlama süreci gerektiren ve birden fazla uçucu bileşiğin gerçek zamanlı olarak tanımlanmasını ve izlenmesini sağlayan bir analitik teknik kullanmaktır (Majchrzak ve ark., 2021). Bu bağlamda, SIFT-MS uçucu bileşiklerin gerçek zamanlı tanımlanmasına imkan sunan yöntemlerden birisidir, ancak tanımlama için analitik iyon kimyası hakkında kapsamlı bilgi gerektirir (Dryahina ve ark., 2018).

SIFT tekniğinin prensibi şu şekilde özetlebilir. Pozitif iyonlar, elektronlar ve negatif iyonların karışımları bir gaz deşarj iyon kaynağında oluşturulur ve bu plazma karışımından, bir kuadrupol kütle filtresi kullanılarak seçilen bir kütle-yük oranına (*m/z*) sahip bir iyon akımı elde edilir. Bu prekürsör/öncül iyonlar (katyonlar veya anyonlar) Venturi tipi bir girişten (tipik olarak 1-2 mm çapa sahip) hızlı akan inert bir taşıyıcı gaza [genellikle tipik olarak 100 Pa (yaklaşık 1 Torr) basınçta saf helyum] enjekte edilir. Böylece, helyum taşıyıcı gazın sıcaklığına (genellikle 300 K, ancak daha sofistike cihazlarda 80 K ila 600 K arasında değişebilir) uygun bir Maxwellian hız dağılımına sahip soğuk bir öncü iyon/helyum gazı yığını oluşturulur. Bu yığın akış tüpü boyunca taşınır ve iyonlar bir iğne deliği orifisi (yaklaşık 0.3 mm çapta) aracılığıyla aşağı yönde örneklenir ve diferansiyel olarak pompalanan bir kuadrupol kütle spektrometresine (MS) odaklanır. *m/z* analizinden sonra bir elektron çoğaltıcı/darbeli sayım sistemi tarafından tespit edilir ve sayılırlar (Smith ve Španěl, 2011, 2015). Şekil 3.5'de SIFT-MS'in çalışma prensibi gösterilmiştir.

Seçilen enjekte edilmiş iyonların reaktan gaz molekülleri ile hız katsayısını (*k*) ve iyon ürünlerini belirlemek için, reaktan gazın kontrollü ve ölçülen bir akış hızı helyum taşıyıcı gazına eklenir ve öncü iyonların (azalan) ve ürün iyonlarının (artan) sayım hızları bir aşağı akış MS/tespit sistemi tarafından ölçülür. Reaktan gaz akış hızının bir fonksiyonu olarak öncü iyonların sayım hızının basit bir analizi, reaksiyon için *k* değerini sağlar. Çoğu iyon-molekül reaksiyonunda birden fazla ürün iyonu

oluşur; ürün iyonlarının sayım hızlarının analizi ürün iyonu dağılımının yüzdesini verir (Smith ve Španěl, 2015).



Şekil 3.5 Seçilmiş İyon Akış Tüpü Kütle Spektrometrisi (SIFT-MS)

Prensipte, üretilebilecek reaktif iyonlarının türünde bir sınır yoktur ve bu durum SIFT'in gaz fazı organik iyon kimyasını incelemede oldukça değerli olmasının ana nedenidir. SIFT-MS ölçümünün güvenilirliği, doğru iyon molekülü reaksiyon kinetik verilerinin kullanılmasına ve taşıyıcı gaz ve numune gaz akış hızları gibi fiziksel parametrelerin doğru anlaşılmasına dayanır (Smith ve Španěl, 2011; Dryahina ve ark., 2020). Analiz için seçilen reaktif iyonu, analit molekülünün doğasına bağlıdır ve yayınlanan çalışmalardan elde edilen önemli miktarda veri kullanılarak karar verilmesi gerekmektedir. Örneğin, alkoller en iyi H_3O^+ iyonları kullanılarak analiz edilirken, ketonlar en iyi NO^+ iyonları kullanılarak analiz edilir. Küçük moleküller (örneğin NH_3 ve NO_2) için ise en iyi seçenek $O_2^{+\bullet}$ iyonlarının kullanılmasıdır. Bazı nötr analit molekülleri hem H_3O^+ hem de NO^+ reaktif iyonları kullanılarak analiz edilebilir (Smith ve Španěl, 2011; Dryahina ve ark., 2020).

Çizelge 3.2 SIFT-MS ile Miktarı Belirlenen Uçucu Bileşikler, Öncü İyonlar, *m/z* ve Potansiyel Örtüşmeler

Uçucu bileşik	**MA**	**Formül**	**H_3O^+**	**NO^+**	**Potansiyel Örtüşen Bileşikler**
			m/z	***m/z***	
Metanol	32	CH_4O	*33, 51, 69*		
Hidrojen sülfür	34	H_2S	*35*		
1,2-propadien	40	C_3H_4	*41*		
Propanol	60	C_3H_8O	*43*		
Asetaldehit	44	C_2H_4O	*45, 81*		
Formik asit	46	CH_2O_2		*45, 76*	
Etanol	46	C_2H_6O	*47, 65, 83*		
Metantiyol (Metil merkaptan)	48	CH_4S	*49, 67*		
2-Propenal (Akrolein)	56	C_3H_4O		86, 112	
2-Propen-1-ol (Alil alkol)	58	C_3H_6O		57, -55	
Propanal	58	C_3H_6O		55, 57	
Aseton (Propanon)	58	C_3H_6O		88	Alil metil sülfit
Asetik asit	60	$C_2H_4O_2$		90, 108	
Dimetil sülfit	62	C_2H_6S		62	
Pentanol	88	$C_5H_{12}O$		87	
2-Bütenal	70	C_4H_6O		69	
Bütanal	72	C_4H_8O		*71*	
2-bütanon (metil etil keton)	72	C_4H_8O		*102*	
Propanoik asit	74	$C_3H_6O_2$		104	Metil asetat
Metil asetat	74	$C_3H_6O_2$		104	Propanoik asit
Alil merkaptan	74	C_3H_6S		*74*	
Propen sülfür (Metiltiiran)	74	C_3H_6S	75		
Piridin	79	C_5H_5N	*80, 98*		
Pirazin	80	$C_4H_4N_2$		80	
1-penten-3-on (etil vinil keton)	84	C_5H_8O		114	
(E)-2-pentenal	84	C_5H_8O		*83*	
1-hekzanol	84	C_5H_8O		101	
Pentanal	86	$C_5H_{10}O$		*85*	
2- veya 3 metilbütanal	86	$C_5H_{10}O$		*85*	
2- veya 3- pentanon	86	$C_5H_{10}O$		*116*	
2,3-butanedion (diasetil)	86	$C_4H_6O_2$		*86*	
Asetoin (3-hidroksibütanon)	88	$C_4H_8O_2$		*118*	
Alil metil sülfit	88	C_4H_8S	*89, 107*		
Dimetil disülfit	94	$C_2H_6S_2$		94	
Furfural	96	$C_5H_4O_2$	97		
Hekzenal	98	$C_6H_{10}O$		97	
Furanmetanol (furfuril alkol)	98	$C_5H_6O_2$		98	
3-metil-2-furanon	98	$C_5H_6O_2$		128	Sotolon/Furaneol
2-heptanol	116	C_7H16_6O		115	

m/z: Kütle-yük oranı; MA: Molekül Ağırlığı

Çizelge 3.2 SIFT-MS ile Miktarı Belirlenen Uçucu Bileşikler, Öncü İyonlar, *m/z* ve Potansiyel Örtüşmeler **(devamı)**

Uçucu bileşik	**MA**	**Formül**	**H_3O^+**	**NO^+**	**Potansiyel Örtüşen Bileşikler**
			m/z	***m/z***	
Hekzanal	100	$C_6H_{12}O$		99	
3-hekzanon	100	$C_6H_{12}O$		130	
2,3-pentanedion	100	$C_5H_8O_2$		100	
Valerik veya İzovalerik asit (3-metilbütanoik asit)	102	$C_5H_{10}O_2$		132	
1,2-Ditiyol	104	$C_3H_4S_2$	*105, 123*		
Benzaldehit	106	C_7H_6O		105	
Dimetilpirazin	108	$C_6H_8N_2$		108	4,6-Dimetilpirimidin
1-okten-3-ol	128	C_8H1_6O	*111*		2-asetilfuran
2-asetilfuran	110	$C_6H_6O_2$	*111*		1-okten-3-ol
5-metilfurfural	110	$C_6H_6O_2$		110	
Heptenal	112	$C_7H_{12}O$		111	
2,5-dimetiltiyofen	112	C_6H_8S	*113*		
heptanal	114	C_7H1_4O		*113*	
2-heptanon	114	C_7H1_4O		*144*	
Dialil sülfit	114	$C_6H_{10}S$	*115*		
Hekzanoik asit	116	$C_6H_{12}O_2$	*117, 135*		
Alil metil disülfit	120	$C_4H_8S_2$		120	
Trimetilpirazin	122	$C_7H_{10}N_2$	*123*		
Dimetil trisülfit	126	$C_2H_6S_3$		126	
Oktenon (1-okten-3-on)	126	C_8H1_4O		*156*	
Oktanal	128	C_8H1_6O		*127*	
Sotolon	128	$C_6H_8O_3$		128, 158	Furaneol; 3-metil-2-furanon
Limonen	136	$C_{10}H1_6$		136	tetrametilpirazin
(E,E)-2,6-nonadienal	138	C_9H1_4O		137, 168	
2-pentilfuran	138	C_9H1_4O		*138*	
Oktanoik asit	144	$C_8H1_6O_2$	*145, 163*		
Nonanal	142	C_9H1_8O		141	
Dialil disülfit	146	$C_6H_{10}S_2$		146	
Anetol	148	$C_{10}H_{12}O$	*149, -147*	148	Etil laktat
Alil metil trisülfit	152	$C_4H_8S_3$		152	
2-dekenal	154	$C_{10}H1_8O$		153	
Dekanal	156	$C_{10}H_20O$		155	
Allisin	162	$C_6H_{10}OS_2$		162	
Dialil trisülfit	178	$C_6H_{10}S_3$	*179*		

m/z: Kütle-yük oranı; MA: Molekül Ağırlığı

3.4 Pastırma Çemeni Formülasyonlarının Optimizasyonu

3.4.1 Deneysel Tasarım ve Pastırma Çemeni Üretimi

Çalışmanın amaçları doğrultusunda, pastırma yüzeyine uygulanabilecek en uygun çemen formülasyonlarının belirlenmesi için dört bileşenli Simplex Lattice Mixture (Basit Kafes Karışım) tasarım kullanılmıştır (Kissiedu ve ark., 2020). Design Expert 10.0.0 yazılımı kullanılarak taze sarımsak (%100), siyah sarımsak (%100) ve taze + siyah sarımsak (%50 + %50) bileşenlerinin her birinin sabit tutulduğu, ticari çemen unu + üç farklı kinoa unu (beyaz, kırmızı, siyah kinoa) olmak üzere toplam 4 unun farklı oranlarını içerecek şekilde 15'er formülasyondan oluşan 3 ayrı deneysel tasarım oluşturulmuştur (Çizelge 3.3, Çizelge 3.4). Böylece toplam 45 pastırma çemen formülasyonu elde edilmiştir. Bileşen oranları karışımın fraksiyonları olarak ifade edilmiş ve oranların toplamı (X_1+ X_2+ X_3+ X_4) 1'e (veya %100'e) eşittir.

Çemen üretimi, buy otu tohumu unu (ticari çemen unu) (500 g), sarımsak (350 g) ve kırmızı biberden (75 g acı toz kırmızı biber + 75 g tatlı toz kırmızı biber) oluşan 1 kg çemen hamuru ve yeterli miktarda suyun (1100 mL) yoğurma makinesinde (Fakir Multiplex, Türkiye) karıştırılması ile gerçekleştirilmiştir (Aksu ve ark., 2020c; Turan ve Şimşek, 2022a). Çemen hamuru, Çizelge 3.3'de belirtilen sarımsak oranları [%100 taze sarımsak (350 g), %100 siyah sarımsak (350 g) ve %50 taze + %50 siyah sarımsak (175 g + 175 g)] için Çizelge 3.4'de verilen un miktarlarına göre toplam 500 g un karışımı içerecek şekilde hazırlanmış, toz kırmızı biber (150 g) ise tüm formülasyonlarda sabit miktarda kullanılmıştır. Üretim, Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında iki tekerrür olarak gerçekleştirilmiş olup, üretilen çemen numuneleri hava geçirmez cam kaplarda 4 °C'de 24 saat bekletildikten sonra analiz edilmiştir (Aksu ve ark., 2020c). Çemenlerde fizikokimyasal, kimyasal, tekstürel ve duyusal analizler yapılmış, elde edilen bulgulara göre, çemen ve pastırma için önemli parametreler yanıt olarak değerlendirilerek 3 ayrı deneysel tasarım için optimizasyon yapılmıştır. Optimizasyon sonucu, çalışmanın amacına yönelik olarak pastırma üretiminde kullanılabilecek en uygun 3 çemen formülasyonu tespit edilmiştir. Ayrıca, dizayn formülasyonlarında da yer alan geleneksel pastırma çemeni kontrol grup olarak değerlendirilmiştir. Böylece, pastırma üretiminde kullanılan toplam 4 çemen formülasyonu saptanmıştır.

Çizelge 3.3 Simplex Lattice Mixture Tasarımda Değişkenlere ait Kodlanmış Değerler

	Sabit Bileşen	Değişken	Kod	Düşük	Yüksek
1. Optimizasyon	Taze Sarımsak (%100)	Un çeşidi	X_1 (Kontrol)	0	1
			X_2	0	1
			X_3	0	1
			X_4	0	1
2. Optimizasyon	Taze + Siyah sarımsak (%50 + %50)	Un çeşidi	X_2 (Kontrol)	0	1
			X_2	0	1
			X_3	0	1
			X_4	0	1
3. Optimizasyon	Siyah Sarımsak (%100)	Un çeşidi	X_3 (Kontrol)	0	1
			X_2	0	1
			X_3	0	1
			X_4	0	1

X_1: Ticari çemen unu, X_2: Beyaz kinoa unu, X_3: Kırmızı kinoa unu, X_4: Siyah kinoa unu

Çizelge 3.4 Simplex Lattice Mixture Dizayna Göre Deneysel Tasarım

	Kodlanmış Değerler				Kodlanmamış/Gerçek Değerler (%*)			
	X_1	**X_2**	**X_3**	**X_4**	**Ticari Çemen Unu**	**Beyaz Kinoa Unu**	**Kırmızı Kinoa Unu**	**Siyah Kinoa Unu**
1	1.000	0.000	0.000	0.000	100 (*500*)	-	-	-
2	0.000	1.000	0.000	0.000	-	100 (*500*)	-	-
3	0.000	0.000	1.000	0.000	-	-	100 (*500*)	-
4	0.000	0.000	0.000	1.000	-	-	-	100 (*500*)
5	0.500	0.500	0.000	0.000	50 (*250*)	50 (*250*)	-	-
6	0.500	0.000	0.500	0.000	50 (*250*)	-	50 (*250*)	-
7	0.500	0.000	0.000	0.500	50 (*250*)	-	-	50 (*250*)
8	0.000	0.500	0.000	0.500	-	50 (*250*)	-	50 (*250*)
9	0.000	0.500	0.500	0.000	-	50 (*250*)	50 (*250*)	-
10	0.000	0.000	0.500	0.500	-	-	50 (*250*)	50 (*250*)
11	0.250	0.250	0.250	0.250	25 (*125*)	25 (*125*)	25 (*125*)	25 (*125*)
12	0.625	0.125	0.125	0.125	62.5 (*312.5*)	12.5 (*62.5*)	12.5 (*62.5*)	12.5 (*62.5*)
13	0.125	0.625	0.125	0.125	12.5 (*62.5*)	62.5 (*312.5*)	12.5 (*62.5*)	12.5 (*62.5*)
14	0.125	0.125	0.625	0.125	12.5 (*62.5*)	12.5 (*62.5*)	62.5 (*312.5*)	12.5 (*62.5*)
15	0.125	0.125	0.125	0.625	12.5 (*62.5*)	12.5 (*62.5*)	12.5 (*62.5*)	62.5 (*312.5*)

X_1: Ticari çemen unu, X_2: Beyaz kinoa unu, X_3: Kırmızı kinoa unu, X_4: Siyah kinoa unu

*1 kg çemen hamuru (su hariç) formülasyonunda toplam un miktarı 500 g olarak değerlendirilmiştir. Parantez içindeki değerler 500 g un karışımı içinde kullanılan un miktarlarını (g) göstermektedir.

3.4.2 Pastırma Çemeni Örneklerinde Yapılan Analizler

3.4.2.1 Temel Bileşim Unsurları

Çemenlerin nem, protein, yağ ve kül içerikleri bölüm 3.3.1'de verilen yöntemler uygulanarak belirlenmiştir (AOAC, 2003).

3.4.2.2 pH Değeri

Pastırma çemeni örnekleri 10 g tartılarak üzerine saf su (1:10) ilavesini takiben homojen hale getirilmiştir. Homojen numunelerin pH değerleri, uygun tampon çözeltilerle kalibre edilmiş bir pH metre (Mettler Toledo S210, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir (Turan ve Şimşek, 2022a).

3.4.2.3 Enstrümental Renk Değerleri

Çemenlerin enstrümental renk değerleri (L^*, a^* ve b^*), seramik kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş bir kolorimetre cihazı (CR-410, Minolta Co, Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Her bir numuneden dokuz ölçüm yapılmıştır (Turan ve Şimşek, 2022a).

3.4.2.4 Tekstür Profil Analizi

Pastırma çemenlerinin tekstür analizleri Turan ve Şimşek (2022a) tarafından bildirilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Sertlik (firmness), kesme işi (work of shear), yapışkanlık (stickiness), ve yapışma işi (work of adhesion) tekstür parametreleri, 5 kg'lık bir yük hücresi (load cell) ve TTC Yayılabilirlik Ekipmanı (Spreadability Rig) (HDP⁄SR) probu ile donatılmış bir Tekstür Analiz Cihazı (TA-TX Plus, Stable Micro Systems) kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz sırasında test koşulları olarak: test modu, sıkıştırma; ön test hızı, 3.0 mm/s; test hızı, 1.0 mm/s; test sonrası hız, 5.0 mm/s; mesafe, 14 mm; tetikleme kuvveti, 0.5 g; tetik tipi, otomatik şeklinde uygulanmıştır. Her çemen için sekiz ölçüm yapılmış ve sonuçlar cihaza entegre yazılım (Exponent, Versiyon 6.1.16, Stable Micro Systems) kullanılarak hesaplanmıştır. Tekstürel analiz ve duyusal değerlendirme sonuçları birlikte değerlendirilerek, optimizasyon sırasında yanıt olarak kullanılan sürülebilirlik parametresi için kesme işi (work of shear) verileri hedef değer olarak dikkate alınmıştır.

3.4.2.5 Antioksidan Kapasite

3.4.2.5.1 Ekstraksiyon İşlemi

Çemen örneklerinde biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonu için bölüm 3.3.4.1'de açıklanan yöntem izlenmiştir. Ekstraksiyonun ardından soğutulan ekstraktlar 4000 x *g*'de 10 dk santrifüjlenmiş ve toplanan süpernatant 0.45 um'lik şırınga ucu filtrelerden süzüldükten sonra TFM, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP analizlerinde kullanılmıştır.

3.4.2.5.2 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Deneysel tasarıma göre üretilen tüm çemen örneklerinin TFM içeriği bölüm 3.3.4.2'de açıklanan yönteme göre belirlenmiştir.

3.4.2.5.3 Antioksidan Aktivite Analizleri

DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP analizleri için bölüm 3.3.4.3'de verilen yöntemler izlenmiştir. Deneysel tasarıma göre üretilen çemenlerde yalnızca ABTS-ARA analizi yapılmış, optimizasyon sonrası pastırma üretiminde kullanılan çemenlerde ise DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP değerleri belirlenmiştir.

3.4.2.6 Toplam Gluten Miktarı

Pastırma üretimi için optimizasyon sonrası belirlenen çemenlerde bölüm 3.3.5'de verilen ELISA Ridascreen® Total Gluten testine göre toplam gluten analizi gerçekleştirilmiştir.

3.4.2.7 Amino Asit Profili

Pastırma üretimi için optimizasyon sonrası belirlenen çemenlerin amino asit profili bölüm 3.3.6'da verilen yönteme göre Jasem LC-MS/MS amino asit analiz kiti kullanılarak tespit edilmiştir.

3.4.2.8 Uçucu Bileşik Profili

Pastırma üretimi için optimizasyon sonrası belirlenen çemenlerin uçucu bileşik profili bölüm 3.3.7'de verilen yöntemler takip edilerek tespit edilmiştir. Uçucu bileşiklerin nispi konsantrasyonu HS-SPME/GC-MS, kantitatif miktarları ise SIFT-MS ile belirlenmiştir.

3.4.2.9 Duyusal Değerlendirme

Optimizasyon öncesi ve sonrası üretilen pastırma çemenlerinin duyusal analizi Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğretim üyeleri ve doktora öğrencilerinden oluşan eğitimli 10 panelist tarafından yapılmıştır. Panelistlerin seçiminde çemen ve pastırma tüketimine aşina olmalarına özen gösterilmiş, ayrıca siyah sarımsak, kinoa ve pastırma çemeni özellikleri hakkında bir ön bilgilendirme yapılmıştır. Üç farklı optimizasyon için duyusal analizler ayrı günlerde gerçekleştirilmiştir. Numuneler üç haneli sayılarla rastgele kodlanmış küçük beyaz kapların içerisine yerleştirilmiş ve tek kullanımlık beyaz tabaklar üzerinde panelistlere sunulmuştur. Panelistler, çemenleri renk, koku, lezzet, yapı/sürülebilirlik ve genel beğeni düzeyi açısından 1'den 9'a kadar değişen hedonik skala (1 "hiç beğenilmedi", 5 "ne beğenildi ne beğenilmedi" ve 9 "çok beğenildi") kullanarak puanlamıştır. Örnekler arasında geçiş sırasında ağızda kalan lezzetin nötrlenmesi için panelistler ekmek ve su tüketmiştir (Turan ve Şimşek, 2022a). Genel beğeni düzeyi puanları optimizasyon sırasında duyusal kabul edilebilirlik olarak değerlendirilmiştir.

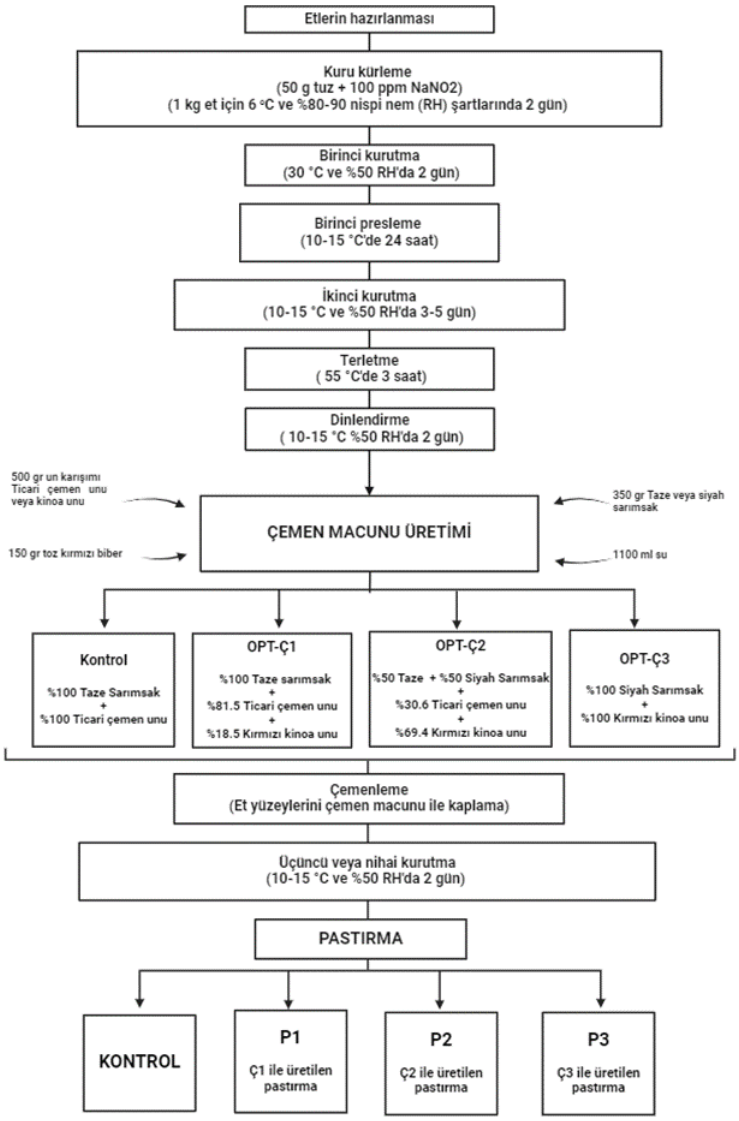
3.4.3 Optimizasyon ve Modelin Doğrulanması

Ticari çemen unu (X_1), beyaz kinoa (X_2), kırmızı kinoa (X_3) ve siyah kinoa (X_4) unlarının ikame karışımları arasından pastırma üretiminde kullanılabilecek en uygun kombinasyon ve miktarlar Design Expert 10.0.0 yazılımı kullanılarak istenilirlik (desirability) fonksiyonuna göre optimizasyon sonucu belirlenmiştir. TFM içeriği (Y_1), ABTS-ARA'ya dayalı antioksidan kapasite (Y_2), enstrümental kırmızılık (a^*) değeri (Y_3), kesme işi (work of shear) sonuçlarına dayalı sürülebilirlik (Y_4) ve genel beğeni düzeyi puanlarına dayalı duyusal kabul edilebilirlik (Y_5) yanıt olarak değerlendirilmiştir. Optimizasyon için maksimum, minimum hedefler ve istenilirlik profili dikkate alınmıştır. Optimize edilen formülasyonlarda analizler tekrarlanarak beklenen ve deneysel değerlere göre model doğrulaması yapılmıştır.

3.5 Pastırma Üretimi, Depolanması ve Yapılan Analizler

3.5.1 Pastırma Üretimi ve Depolanması

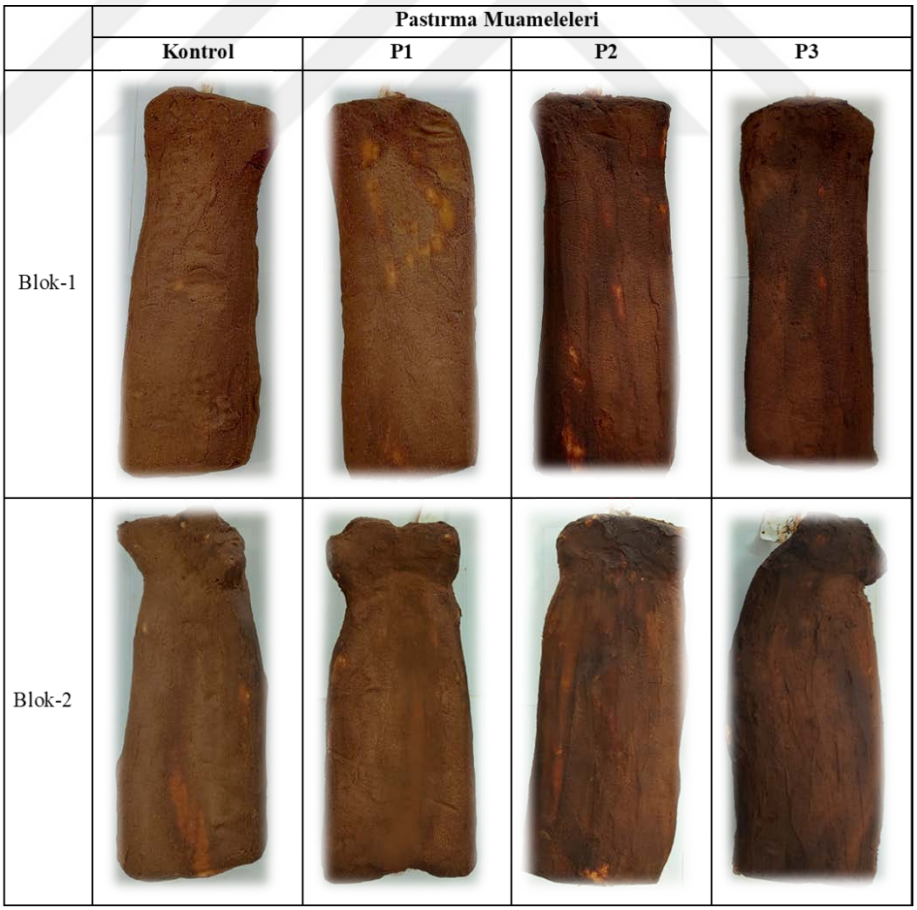
Pastırma üretimi, Aksu ve ark. (2005) ve Aksu ve ark. (2022) tarafından verilen yöntemler esas alınarak Aytaç Gıda Yatırım Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Çankırı/Türkiye) bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonucu belirlenen formülasyonların kullanıldığı pastırma üretim akış şeması Şekil 3.6'da, üretim sürecine ait görseller Şekil 3.7'de verilmiştir. Üretilen pastırmalar 4 ºC'de 120 gün depolanmış ve depolama periyodunun 0, 30, 60, 90 ve 120. günlerinde analiz edilmiştir. Kontrol ve optimize çemen formülasyonları ile üretilen pastırmaların dış ve kesit yüzey görselleri Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da sunulmuştur.



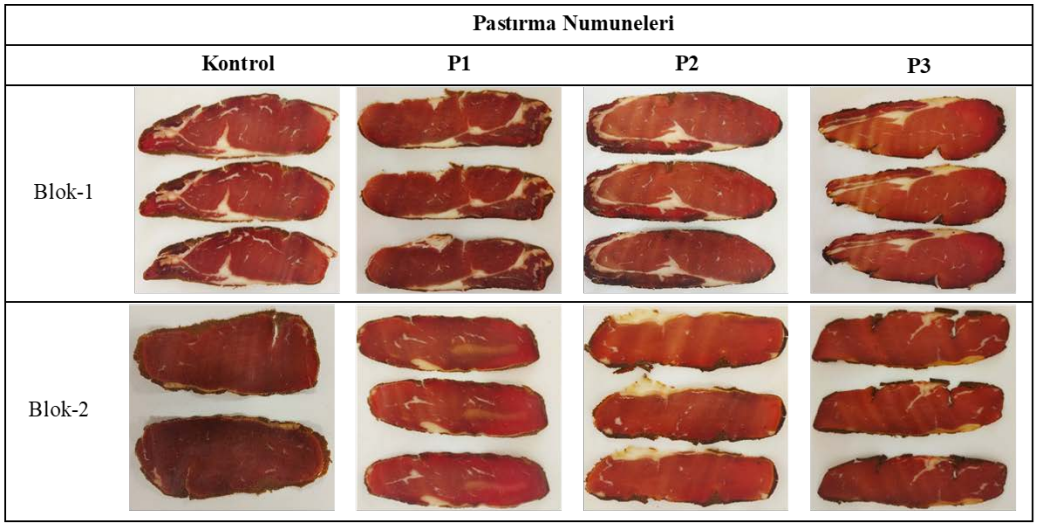
Şekil 3.6 Pastırma üretim akış şeması



Şekil 3.7 Pastırma Üretim Sürecine ait Görseller



Şekil 3.8 Pastırma Örneklerinin Dış Yüzey Görünümleri



Şekil 3.9 Pastırma Örneklerinin Kesit Yüzey Görünümleri

3.5.2 Pastırma Örneklerinde Yapılan Analizler

3.5.2.1 Temel Bileşim Unsurları

Hammadde olarak kullanılan etlerin ve üretilen pastırmaların temel bileşim unsurları Gökalp ve ark. (2010)'a göre belirlenmiştir. Nem içeriği gravimetrik yönteme göre 5 g numunenin bir kurutma fırınında 103±2 ºC'de sabit ağırlığa kadar kurutulması ile belirlenmiştir. Ham protein tayini için Kjeltec azot tayin düzeneğinde Kjeldahl toplam azot yöntemi esas alınmış ve %protein için 6.25 azot-protein dönüşüm faktörü kullanılmıştır. Kül miktarı, porselen kroze içindeki numunenin, sıcaklığı kademeli olarak artırılan bir kül fırınında gri-beyaz kül elde edilinceye kadar bekletilmesi ve ağırlık kaybının tespiti ile hesaplanmıştır. Yağ içeriği, Soxhlet düzeneğinde petrol eteri kullanılarak solvent ekstraksiyon yöntemiyle yüzde olarak belirlenmiştir.

3.5.2.2 Kalıntı Nitrit ve Tuz Miktarı

Pastırma numunelerinde kalıntı nitrit ve tuz tayini Ekici ve ark. (2015) tarafından tarif edilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

3.5.2.3 pH Değeri

Pastırma örneklerinin pH ölçümü, cam kavanoza 10'ar g paralelli olarak tartılan numunelerin saf su (1:10) eklendikten sonra homojenleştirilmesini takiben uygun tampon çözeltilerle kalibre edilmiş bir pH metre (Mettler Toledo S210, İsviçre) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Gökalp ve ark., 2010).

3.5.2.4 Enstrümental Renk Değerleri

Pastırma örneklerinin çemenli dış yüzeyinin ve 2-3 mm kalınlıktaki kesit yüzeyinin renk değerleri (L^*, a^* ve b^*), seramik kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş bir kolorimetre cihazı (CR-410, Minolta Co, Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Her bir numuneden dokuz ölçüm yapılmıştır (Aksu ve ark., 2022).

3.5.2.5 Tekstürel Analiz

Pastırma örneklerinin dokusal özellikleri TA.XT2 (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, İngiltere) Tekstür Analiz Cihazı ve Warner/Blatzer (HDP/BS) bıçak seti kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz sırasında test şartları olarak 2 mm/s kesme hızı ve 15 mm kesme mesafesi uygulanmıştır (Ren ve ark., 2015).

3.5.2.6 Nitrozomyoglobin (NOMb) Konsantrasyonu

Pastırma örneklerinde NOMb içeriği (ppm) ve kürleme etkinliği (%) Hornsey (1956) tarafından geliştirilen ve Hayes ve ark. (2013) tarafından bildirilen spektrofotometrik yöntemlere göre belirlenmiştir.

3.5.2.7 Lipid Oksidasyonu

Pastırma örneklerinde lipid oksidasyonunun belirlenmesi için tiyobarbiturik asit reaktif substans (TBARS) metodu kullanılmıştır. Falkon tüpüne tartılan 2 g pastırma üzerine TCA solüsyonundan (%7.5 TCA, %0.1 EDTA, %0.1 propil gallat) 12 mL ilave edilmiştir. Karışım, ultraturrax yardımıyla homojenize edildikten sonra filtre kağıdından (Whatman No:1) süzülmüş, elde edilen filtratın 2 mL'si 2 mL TBA (0.02 M) çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışımlar kaynayan su banyosunda 40 dk bekletildikten sonra soğutulmuş ve ardından 2000 x g'de 5 dk santrifüjlenmiştir. Absorbans ölçümü spektrofotometrede 532 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Pastırma örneklerinin TBARS değerleri mg malondialdehit (MDA)/kg olarak hesaplanmıştır (Lemon, 1975; Aksu ve ark., 2020d).

3.5.2.8 Protein Oksidasyonu

Protein oksidasyonu değerleri, Armenteros ve ark. (2009) tarafından geliştirilen ve Aksu ve ark. (2020d) tarafından bildirilen DNPH metodu kullanılarak belirlenmiştir. Protein konsantrasyonunun hesaplanmasında standart olarak BSA (Sığır serum albümini) kullanılmış ve sonuçlar nmol karbonil/mg protein olarak hesaplanmıştır.

3.5.2.9 Mikrobiyolojik Analizler

Steril örnek poşetlerine aseptik olarak 25 g pastırma örneği tartılmış, 225 mL tuzlu su solüsyonu (NaCl %0.85) ilave edilerek stomacher (Bagmixer 400, Interscience, Fransa) ile 1 dk homojenize edilmiştir. Homojenatların on kat seri dilüsyonları hazırlanmış ve mikrobiyolojik sayımlar için yayma plak tekniği kullanılmıştır. Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) ve *Micrococcus/Staphylococcus* (*M/S*) sayımları için uygun örnek dilüsyonlarından sırasıyla Plate Count Agar ve Mannitol Salt Phenol Red Agar üzerine ekim yapıldıktan sonra petri plakaları 30 °C'de 48 saat süre ile aerobik şartlarda inkübe edilmiştir. *M/S* sayımları için katalaz (+) koklar dikkate alınmıştır. Laktik Asit Bakteri (LAB) ve Enterobacteriaceae sayımları için sırasıyla MRS (de Man Rogosa Sharpe) Agar ve VRBD (Violet Red Bile Dextrose) Agar üzerine ekim yapılmış ve anaerobik şartlarda (Anaerocult A, Merck) 30 °C'de 48 saat inkübasyon uygulanmıştır. İnkübasyon sonunda LAB sayısının tespiti için katalaz (–) koloniler, Enterobacteriaceae için ise 1 mm'den büyük kırmızı koloniler dikkate alınmıştır. Maya-küf sayımı için Potato Dekstrose Agar (pH:3.5) kullanılmış, ekim yapılan plakların 25 ºC'de 5 gün inkübasyon sonucu oluşan koloniler sayılarak maya-küf sayısı belirlenmiştir (Aksu ve ark., 2022).

3.5.2.10 Toplam Gluten Miktarı

Pastırma numunelerinin toplam gluten içeriği bölüm 3.3.5'de açıklanan ELISA Ridascreen® Total Gluten testi uygulanarak belirlenmiştir.

3.5.2.11 Amino Asit Kompozisyonu

Pastırma numunelerinin amino asit profili bölüm 3.3.6'da verilen yönteme göre Jasem LC-MS/MS amino asit analiz kiti kullanılarak tespit edilmiştir.

3.5.2.12 Uçucu Bileşik Profili

Pastırma örneklerinin uçucu bileşik profili bölüm 3.3.7'de verilen yöntemler takip edilerek tespit edilmiştir. Uçucu bileşiklerin nispi konsantrasyonu HS-SPME/GC-MS, kantitatif miktarları ise SIFT-MS ile belirlenmiştir.

3.5.2.13 Duyusal Değerlendirme

Pastırma örnekleri Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğretim üyeleri ve doktora öğrencilerinden oluşan eğitimli 10 panelist tarafından duyusal değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Panelistlerin seçiminde pastırma tüketimine aşina olmalarına özen gösterilmiş, ayrıca duyusal değerlendirme öncesi panelistlere siyah sarımsak, kinoa, çemen ve pastırma hakkında ön bilgilendirme yapılmıştır. Pastırmalar üç haneli sayılarla rastgele kodlanmış ve tek kullanımlık beyaz tabaklar üzerinde panelistlere sunulmuştur. Panelistlerden pastırma örneklerini renk, koku, lezzet, yapı ve genel beğeni düzeyi açısından hedonik bir skala (1 "hiç beğenilmedi", 5 "ne beğenildi ne beğenilmedi" ve 9 "çok beğenildi") kullanarak puanlamaları istenmiştir. Örnekler arası geçişlerde ağızda kalan lezzet ekmek ve su kullanılarak nötrlenmiştir (Aksu ve ark., 2022).

3.6 Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

Sarımsak, un ve çemen örneklerinde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen verilere tek yönlü varyans (ANOVA) analizi uygulanmıştır. Pastırma çemenlerinin optimizasyonu için, Design Expert 10.0.0 yazılımı kullanılarak oluşturulan Simplex Lattice Mixture dizayna göre doğrusal, kuadratik, kübik ve özel kübik modeller arasında en uygun olan model belirlenmiştir. Seçilen modellerin doğruluğu regresyon (p-değeri), belirleme katsayısı (R^2), düzeltilmiş R^2 (R^2_{adj}), tahmin edilen R^2 (R^2_{pred}), yeterli tahminleme (Adeq Precision), tahmin hata kareler toplamı (PRESS) ve varyasyon katsayısı ile değerlendirilmiştir.

Pastırma üretimi tam şansa bağlı bloklar deneme planına göre iki tekerrür olarak yürütülmüştür. Pastırma örneklerine ait veriler dört muamele (Kontrol, P1, P2, P3) ve beş depolama periyodu (0, 30, 60, 90 ve 120 gün) dikkate alınarak Genel Doğrusal Model'e (General Linear Model) göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır ($P<0.05$). İstatistik analizleri için SPSS 25.0 paket program kullanılmış ve sonuçlar tablo ve şekillerde ortalama ± standart sapma şeklinde ifade edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Un Örneklerine ait Bulgular

Ticari çemen unu ve kinoa unlarının temel bileşim unsurları, bazı fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. En yüksek ve en düşük nem içerikleri 8.29±0.23 ve 7.07±0.17 ile sırasıyla kırmızı ve beyaz kinoa unlarında belirlenmiştir (P<0.05). Protein içerikleri açısından unlar arasındaki hiyerarşinin ticari çemen unu > kırmızı kinoa unu > beyaz/siyah kinoa unu şeklinde olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Kinoa unlarının %5.19-6.89 aralığında değişen yağ içeriklerinin ticari çemen ununa (%2.76) kıyasla yüksek (P<0.05) olduğu gözlenmiş, en yüksek değerler istatistiksel olarak benzer yağ içeriğine sahip kırmızı ve siyah kinoa unlarında saptanmıştır (P<0.05). Kül ve ham lif miktarları karşılaştırıldığında, ticari çemen ununun kinoa unlarına kıyasla daha yüksek oranda kül ve ham lif içerdiği belirlenmiştir (P<0.05). Kinoa unları için benzer kimyasal kompozisyon sonuçları önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Pellegrini ve ark., 2018; Pereira ve ark., 2019; Li ve ark., 2021; Carranza-Concha ve ark., 2021). Ticari çemen unu için kimyasal kompozisyon bulguları literatür verileriyle uyumludur (Singh ve ark., 2013; Mabrouki ve ark., 2015; Turan ve ark., 2023).

Enstrümental renk değerleri incelendiğinde, beklendiği gibi en yüksek ve en düşük parlaklık (L^*) değerleri 72.91±0.01 ve 57.51±0.10 ile sırasıyla beyaz ve siyah kinoa unlarında tespit edilmiştir (P<0.05). Un örneklerinin kırmızılık (a^*) değerleri istatistiksel olarak önemli (P<0.05) farklılıklarla ticari çemen unu (3.34) > kırmızı kinoa unu (2.87) > siyah kinoa unu (1.43) > beyaz kinoa unu (0.12) şeklinde sıralanmıştır. Ticari çemen unu içi renk bulguları Erdemir (2023) ve Turan ve ark. (2023) ile uyumludur. Kinoa unları için renk değeri sonuçları, Pellegrini ve ark. (2018) tarafından beyaz, kırmızı ve siyah kinoa unları için bildirilen L^*, a^*, b^*, kroma ve hue değerlerine benzerdir. Macavilca ve Condezo-Hoyos (2020) Peru'nun farklı bölgelerinden toplanan 28 farklı renkteki kinona tohum unlarının L^*, a^*, b^* değerlerini sırasıyla 37.64-72.18, 0.01-24.61, 1.50-36.42 aralıklarında saptamışlardır. Escribano ve ark. (2017) kinoa tohumlarının renginden sorumlu betalainlerin beyaz çeşitler için tespit edilemediğini, betaksantinlerin bazı kinoa çeşitlerinde sarı renge (b^*) katkı sunduğunu belirlemiş, hem betaksantin hem de betasiyanin içeren kırmızı-mor taneler

için betaksantin oranı azaldıkça *b** değeri azalırken betasiyanin içeriğindeki artışa paralel olarak *a** değerinin arttığını tespit etmiştir.

Çizelge 4.1 Ticari Çemen Unu ve Kinoa Unlarının Temel Bileşim Unsurları, Bazı Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri

	Beyaz kinoa unu	**Kırmızı kinoa unu**	**Siyah kinoa unu**	**Ticari çemen unu**
Nem (%)	7.07±0.17^{c}	8.29±0.23^{a}	8.15±0.05^{ab}	7.84±0.02^{b}
Protein (% KM)	13.89±0.14^{c}	16.21±0.15^{b}	13.91±0.04^{c}	23.45±0.13^{a}
Yağ (%KM)	5.19±0.04^{b}	6.28±0.37^{a}	6.89±0.29^{a}	2.76±0.08^{c}
Kül (%KM)	1.42±0.02^{d}	2.39±0.01^{c}	2.64±0.02^{b}	3.05±0.02^{a}
Ham lif (%KM)	3.45±0.14^{c}	3.15±0.05^{c}	3.94±0.12^{b}	7.85±0.17^{a}
Toplam Gluten (ppm)	nd	nd	nd	49.93±0.57
Renk değerleri				
*L**	72.91±0.01^{a}	60.23±0.12^{c}	57.51±0.10^{d}	63.79±0.04^{b}
*a**	0.12±0.01^{d}	2.87±0.03^{b}	1.43±0.02^{c}	3.34±0.04^{a}
*b**	13.58±0.03^{b}	10.23±0.05^{c}	8.50±0.09^{d}	14.28±0.16^{a}
Kroma	13.58±0.03^{b}	10.63±0.05^{c}	8.62±0.09^{d}	14.73±0.16^{a}
Hue açısı^{o}	89.51±0.05^{a}	74.31±0.14^{d}	80.43±0.12^{b}	75.83±0.10^{c}
Biyoaktif Özellikler				
TFM (mg GAE/100 g KM)	156.08±4.07^{d}	225.68±1.02^{a}	211.09±2.07^{b}	199.99±1.27^{c}
DPPH-ARA (mmol TE/kg KM)	8.36±0.31^{c}	14.21±0.45^{a}	12.21±0.25^{b}	11.74±0.48^{b}
ABTS-ARA (mmol TE/kg KM)	7.13±0.32^{c}	11.49±0.39^{a}	8.95±0.23^{b}	8.59±0.09^{b}
FRAP (mmol TE/kg KM)	5.25±0.15^{c}	7.81±0.33^{a}	6.62±0.09^{b}	6.52±0.04^{b}

$^{a-d}$ Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).
nd: Tespit edilmedi.

Biyoaktif özellikler ile ilgili olarak, en yüksek (225.68 mg GAE/100 g KM) ve en düşük (156.08 mg GAE/100 g KM) TFM içeriği sırasıyla kırmızı ve beyaz kinoa unlarında belirlenmiştir (P<0.05). TFM içeriğine paralel olarak, kırmızı kinoa unlarının diğer kinoa unlarına kıyasla daha yüksek (P<0.05) DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. TFM içeriği ve üç antioksidan aktivite analiz sonuçları için azalan hiyerarşi kırmızı kinoa unu > siyah kinoa unu > ticari çemen unu > beyaz kinoa unu şeklindedir. Bu sonuçlar, kırmızı ve siyah kinoa unlarının ticari çemen unlarına kıyasla zengin biyoaktif bileşen içeriğine ve yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, önceki çalışmalarda kinoanın yaygın kullanılan tahıllar, tohumlar ve tanelerden daha güçlü antioksidan kapasite sergilediği bildirilmiştir (Rocchetti ve ark., 2019; Culetu ve ark., 2021). Bu nedenle, özellikle koyu renkli kinoa tohum ve unları, yüksek antioksidan kapasiteleri nedeniyle doğal bir antioksidan kaynağı olma konusunda önemli

potansiyele sahiptir. Kinoa tohumlarının biyoaktif bileşen içeriği ve aktioksidan kapasitesi bir dizi iç (cins, tür ve çeşit) ve dış faktörlere (agronomik, çevre, işleme ve depolama) bağlı olarak önemli değişiklik gösterebilmektedir (Pellegrini ve ark., 2018; Han ve ark., 2019; Sharma ve ark., 2022). Ayrıca, kinoa tohumlarının antioksidan aktivitesinin TFM, tokoferol, karotenoid, betalain içerikleri ile yüksek pozitif korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (Tang ve ark., 2015a, 2015b; Escribano ve ark., 2017; Li ve ark., 2021). Han ve ark. (2019) 7 farklı kinoa tohumundan elde edilen beyaz, kırmızı ve siyah kinoa unlarının TFM içeriği ve FRAP aktivitelerini sırasıyla 167.15-308.32 mg GAE/100 g KM ve 110.26-216.71 mg TE/100 g aralığında belirlemiş, kırmızı kinoanın diğer kinoa çeşitlerine kıyasla daha yüksek TFM içeriğine ve antioksidan kapasiteye sahip olduğunu saptamıştır. Sharma ve ark. (2022) beyaz kinoa tohumlarının TFM içeriğini 155 mg GAE/100 g, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP değerlerini ise sırasıyla 10.11 μmol TE/g, 3.00 μmol TE/g ve 8.21 μmol TE/g olarak bildirmiştir. Mevcut çalışmada elde edilen TFM bulguları, Han ve ark. (2019), Li ve ark. (2021) ve Carranza-Concha ve ark. (2021) ile uyumlu, Çelik ve Tunçil (2020) ve Ramos-Pacheco ve ark. (2024)'e kıyasla yüksek, önceki bazı çalışmalarda (Abderrahim ve ark., 2015; Pellegrini ve ark., 2018; Escribano ve ark., 2017) bildirilen değerlerden ise düşüktür. Antioksidan aktivite sonuçları ise, önceki bazı çalışmalar (Han ve ark., 2019; Carranza-Concha ve ark., 2021; Ramos-Pacheco ve ark., 2024) ile uyumlu, Tang ve ark. (2015b)'ye kıyasla yüksek, Pellegrini ve ark. (2018) ve Escribano ve ark. (2017) tarafından bildirilen değerlerden ise düşüktür.

Öte yandan, önceki çalışmalarda saf çemen tohum ve unlarının TFM içeriği (95.97-5410 mg GAE/100 g taze ağırlık) ve antioksidan aktivite değerleri oldukça geniş aralıklarda belirlenmiştir (Singh ve ark., 2013; Saxena ve ark., 2017; Erdemir, 2023). Bu farklılıklar, genotip, çevresel faktörler (stres, sıcaklık vb.), işleme yöntemi (öğütme, çimlenme, ısı uygulaması, kompozit karışım, depolama) ve ekstraksiyon koşullarına atfedilebilir (Mabrouki ve ark., 2015; Saxena ve ark., 2017; Dhull ve ark., 2020; Lohvina ve ark., 2021; Sirwani ve ark., 2022; Turan ve ark., 2023). Bununla birlikte, literatürde ticari çemen unları ile ilgili çalışma oldukça sınırlıdır. Turan ve ark. (2023), pastırma üretiminde kullanılan çemen unlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, ticari çemen ununun TFM içeriği, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP değerlerini sırasıyla 109.98 mg GAE/100 g, 142.84 mg TE/100 g, 188.33 mg TE/100

g ve 75.18 mg TE/100 g olarak belirlemiş, buğday/burçak unu katkılı ticari çemen unlarında saf çemen unlarına kıyasla antioksidan kapasitenin azaldığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Man ve ark. (2019) farklı oranlarda (%2-8) çemen tohumu unu ikame edilerek hazırlanan buğday-çemen tohumu un karışımları için TFM ve antioksidan aktivitenin çemen tohumu unu oranındaki artışa bağlı olarak arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.2'de ticari çemen unu ve kırmızı kinoa ununun amino asit kompozisyonu verilmiştir. Prolin, lösin ve tirozin amino asitlerinin miktarı açısından unlar arasında fark olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Aspartik asit, glutamik asit, glisin, lizin ve serin açısından ticari çemen ununun, diğer amino asitler için ise kırmızı kinoa ununun daha zengin olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlar, kırmızı kinoa ununun esansiyel amino asit (EA) içeriği ve protein etkinlik oranı (PER) açısından ticari çemen ununa kıyasla daha avantajlı olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.2 Ticari Çemen Unu ve Kırmızı Kinoa Ununun Amino Asit Kompozisyonu (g/100 g protein)

Amino asit	**Ticari çemen unu**	**Kırmızı kinoa unu**
Alanin	3.84±0.02^{b}	4.46±0.01^{a}
Arginin	9.06±0.01^{b}	9.45±0.01^{a}
Aspartik Asit	11.90±0.01^{a}	10.55±0.04^{b}
Fenilalanin	5.21±0.04^{b}	5.73±0.08^{a}
Histidin	3.04±0.01^{b}	3.16±0.03^{a}
Glisin	6.38±0.07^{a}	5.88±0.01^{b}
Glutamik Asit	17.44±0.01^{a}	15.76±0.01^{b}
İzolösin	3.72±0.04^{b}	4.36±0.02^{a}
Lösin	7.28±0.03^{a}	7.31±0.01^{a}
Lizin	8.19±0.01^{a}	7.12±0.01^{b}
Metiyonin	0.85±0.01^{b}	0.97±0.01^{a}
Ornitin	0.37±0.01^{b}	0.79±0.01^{a}
Prolin	5.20±0.03^{a}	5.12±0.01^{a}
Serin	5.60±0.03^{a}	5.25±0.01^{b}
Sistin	0±0	0±0
Tirozin	3.42±0.01^{a}	3.47±0.01^{a}
Treonin	3.97±0.01^{b}	4.93±0.04^{a}
Valin	4.53±0.03^{b}	5.76±0.01^{a}
EA (%)	36.77±0.02^{b}	39.31±0.06^{a}
NEA (%)	63.23±0.05^{a}	60.69±0.04^{b}
EA/TA (%)	36.77±0.01^{b}	39.31±0.02^{a}
EA/NEA (%)	58.15±0.03^{b}	64.78±0.06^{a}
PER_1	2.39±0.01^{a}	2.41±0.01^{a}
PER_2	2.48±0.01^{a}	2.49±0.01^{a}
PER_3	1.64±0.01^{b}	1.70±0.01^{a}

EA: Esansiyel amino asit; NEA: Esansiyel olmayan amino asit; TA: Toplam amino asit; PER: Protein Etkinlik Oranı

^{a,b} Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Mevcut çalışmada elde edilen bulgular, literatürde kinoa ve çemen tohumu için bildirilen amino asit kompozisyonu ile uyumludur (Mansour ve El-Adawy, 1994; Nowak ve ark., 2016; Rodríguez Gómez ve ark., 2021; Culetu ve ark., 2021). Dengeli bir amino asit profili kinoanın temel özelliklerinden biridir. Rodríguez Gómez ve ark. (2021) kinoanın amino asit konsantrasyonunun çeşide göre değişkenlik gösterdiğini, baskın amino asitlerin 100 g protein üzerinden glutamik asit (11.84-15.21 g), aspartik asit (7.61-11.82 g), arginin (7.45-9.07 g), lizin (5.50-13.55 g) ve treonin (3.43-7.82 g) olduğunu belirlemiş, metiyonin (1.37–1.64 g) ise en az içeriğe sahip amino asit olarak bildirilmiştir. Öte yandan, farklı lokasyonlardan (Hindistan, Suudi Arabistan, Türkiye ve Yemen) temin edilen çemen tohumlarında, aspartik asit, glutamik asit, arginin, lösin, glisin, lisin ve izolösin içeriklerin diğer amino asitlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Aljuhaimi ve ark., 2018).

4.2 Sarımsak Örneklerine ait Bulgular

4.2.1 Taze ve Siyah Sarımsağın Temel Bileşim Unsurları, Bazı Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri

Çizelge 4.3'de taze ve siyah sarımsağın temel bileşim unsurları, bazı fizikokimyasal ve biyoaktif özellikleri sunulmuştur. Siyah sarımsağın taze sarımsağa kıyasla nem içeriğinin daha düşük ($P<0.05$), taze ağırlık üzerinden ham protein, toplam kül, ham yağ, ham lif ve toplam karbonhidrat içeriğin ise daha yüksek ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Temel bileşim unsurlarında meydana gelen bu oransal artış, nem içeriğindeki azalma ile ilişkilendirilebilir. Nitekim, Çizelge 4.3'de görüleceği üzere kuru madde üzerinden hesaplanan sonuçlar bu durumu desteklemektedir. Benzer şekilde, önceki çalışmalarda siyah sarımsağın taze sarımsağa kıyasla protein (1-2 kat), lipid (1-3 kat), kül (1-3 kat), ham lif (1-1.2 kat) ve karbonhidrat (2 kat) içeriğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Tahir ve ark., 2022; Liu ve ark., 2018; Sasaki ve ark., 2007; Hue ve ark., 2022; Chua ve ark., 2022).

Taze sarımsağın siyah sarımsağa işlenmesi sırasında ısıl işlemin sonucu olarak nem miktarı azalmakta, sıcaklık, nispi nem ve olgunlaşma süresine bağlı olarak siyah sarımsağın nem içeriği ve kimyasal kompozisyonu değişiklik göstermektedir (Choi ve ark., 2014; Najman ve ark., 2021; Bedrníček ve ark., 2021; Kang, 2016; Tahir ve ark., 2022). Olgunlaşma süresi ve işleme sıcaklığı arttıkça nem içeriği azalmaktadır. Nem içeriği %35'in altında olan siyah sarımsaklar kuru-zayıf yapıya sahipken, esnek ve

kolay çiğnenebilir yapıda siyah sarımsak eldesi için %40-50 nem aralığı idealdir (Zhang ve ark., 2016). Mevcut çalışmada üretilen siyah sarımsağın nem içeriği de bu sınırlar içerisindedir.

Renk ve pH değerleri karşılaştırıldığında, siyah sarımsağın pH (6.36'dan 4.19'a), *L** (65.35'den 21.29'a) ve *b** (21.37'den 0.58'e) değerlerinin azaldığı, *a** (0.13'den 1.72'ye) değerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, literatür verileri ile uyumludur. Siyah sarımsağa işleme sürecinde sarımsakların pH değerleri ısıl işlem sırasında oluşan karboksilik asitler ve sarımsak endofitlerinin glikoz, laktoz, sukroz ve sarımsak polisakkaritlerini fermantasyon sonucu oluşturduğu asitlerden dolayı azalmaktadır (5.93-6.33'den 3.49-4.49'a) (Bae ve ark., 2014; Qiu ve ark., 2018b; Turan ve Şimşek, 2023). Ayrıca, taze sarımsağın parlak/açık sarımsı rengi, Maillard reaksiyonu nedeniyle açık/koyu kahverengi renk tonlarından nihayetinde siyaha kadar dönüşmektedir. İşleme sonunda, sarımsağın *L** ve *b** değerlerinde azalma, *a** değerlerinde artış meydana gelmektedir (Choi ve ark., 2014; Toledano Medina ve ark., 2016; Bedrníček ve ark., 2021; Turan ve Şimşek, 2023).

Çizelge 4.3 Taze ve Siyah Sarımsak Örneklerinin Temel Bileşim Unsurları, Bazı Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri

	Taze Sarımsak	**Siyah Sarımsak**
Nem (%)	57.03±0.72^{a}	40.71±0.84^{b}
Ham protein (%)	6.33±0.06^{b} (14.74±0.13^{a})	8.31±0.1^{a} (14.02±0.17^{b})
Ham yağ (%)	0.17±0.03^{b} (0.39±0.07^{a})	0.28±0.02^{a} (0.47±0.04^{a})
Toplam kül (%)	0.97±0.03^{b} (2.26±0.06^{b})	2.09±0.04^{a} (3.53±0.06^{a})
Ham Lif (%)	1.47±0.06^{b} (3.41±0.13^{a})	2.07±0.05^{a} (3.50±0.09^{a})
Toplam Karbonhidrat (%)	34.04±0.1^{b} (79.21±0.23^{a})	46.53±0.04^{a} (78.49±0.06^{b})
pH	6.36±0.02^{a}	4.19±0.03^{b}
L*	65.35±0.79^{a}	21.29±0.17^{b}
a*	0.13±0.01^{b}	1.72±0.03^{a}
b*	21.37±0.28^{a}	0.58±0.02^{b}
Kroma	21.37±0.28^{a}	1.81±0.03^{b}
Hue açısı^{o}	89.66±0.03^{a}	18.56±0.47^{b}
TFM (mg GAE/100 g)	42.18±1.06^{b} (98.16±2.47^{b})	548.43±17.49^{a} (925.06±29.5^{a})
DPPH-ARA (µmol TE/g)	0.78±0.02^{b} (1.81±0.06^{b})	10.65±0.37^{a} (17.96±0.63^{a})
ABTS-ARA (µmol TE/g)	1.90±0.03^{b} (4.42±0.07^{b})	14.04±0.12^{a} (23.68±0.2^{a})
FRAP (µmol TE/g)	0.49±0.03^{b} (1.14±0.07^{b})	5.18±0.26^{a} (8.74±0.44^{a})

**Parantez içerisinde verilen değerler kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

Biyoaktif özellikler ile ilgili olarak, siyah sarımsağın TFM içeriği (13 kat), DPPH-ARA (13.7 kat), ABTS-ARA (7.4 kat) ve FRAP (10.6 kat) değerleri taze sarımsağa kıyasla yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Sonuçlar kuru ağırlık üzerinden değerlendirildiğinde, TFM içeriği (9.4 kat), DPPH-ARA (9.9 kat), ABTS-ARA (5.4 kat) ve FRAP (7.7 kat) değerlerinde daha düşük ancak benzer artışlar saptanmıştır ($P<0.05$). Bu sonuçlara göre, 21 gün olgunlaştırılarak üretilen Taşköprü siyah sarımsağı yüksek antioksidan kapasitesi nedeniyle gıdaların oksidatif stabilitesine katkıda bulunmak için önemli bir potansiyele sahiptir. Mevcut çalışmadaki bulgular, siyah sarımsağın taze sarımsağa kıyasla daha yüksek TFM içeriği, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP değerlerine sahip olduğunu bildiren önceki çalışmalarla tutarlıdır (Choi ve ark., 2014; Najman ve ark., 2021; Bedrníček ve ark., 2021; Liu ve ark., 2018; Şaşmaz ve ark., 2022; Toledano Medina ve ark., 2019b). Toledano Medina ve ark. (2019a) farklı sürelerde (13, 32, 45 gün) olgunlaştıran siyah sarımsakların TFM içeriği (mg GAE/kg liyofilize örnek) ve ABTS-ARA (mmol TE/ kg liyofilize örnek) değerlerinin taze sarımsağa kıyasla kuru ağırlık bazında sırasıyla 2.5-3.8 ve 6.6-7.7 kat arttığını belirlemiştir. Şaşmaz ve ark. (2023) farklı süre, nem ve sıcaklık şartlarında ürettikleri siyah sarımsakların TFM içeriği, DPPH-ARA ve ABTS-ARA değerlerini kuru ağırlık üzerinden sırasıyla 225.83-1152.46 mg GAE/100 g, 1337.70-4374.60 µmol TE/g ve 988.42-2855.73 µmol TE/g aralığında belirlemiş, üretim için optimum şartları en yüksek antioksidan kapasitenin de saptandığı 65 °C sıcaklık, %85 nispi nem ve 24 gün olgunlaşma süresi olarak bildirmiştir.

Olgunlaşma süresi, sıcaklık, sarımsak çeşidi ve yapılan ön işlemlere bağlı olarak siyah sarımsağın biyoaktif bileşen içeriği ve aktioksidan kapasitesi değişmektedir (Turan ve Şimşek, 2023). Zhang ve ark. (2016), farklı sıcaklıklarda (70 °C, 80 °C ve 90 °C) olgunlaştırılan siyah sarımsağın TFM içeriğinin ısıl işlem sürecinin erken aşamalarında artmasına rağmen, sonraki aşamalarda azaldığını bildirmiş, bu azalmanın sorumlusu olarak toplam fenollerin tüketim oranından daha düşük birikim oranı ile açıklamışlardır. Yapılan çalışmalar, siyah sarımsağın TFM içeriği ve antioksidan kapasitesinin olgunlaşma periyodunun 21. gününde en yüksek seviyeye ulaştıktan sonra hafif azaldığını göstermiştir (Choi ve ark., 2014; Toledano Medina ve ark., 2019b). Bu nedenle, mevcut çalışmada da siyah sarımsak üretim prosesinde 21 gün olgunlaşma süresi uygulanmıştır. Hidroksisinnamik asit (klorojenik

asit, kafeik asit, *o*-kumarik asit ve *p*-kumarik asit) ve hidroksibenzoik asit (gallik asit) türevleri siyah sarımsaktaki başlıca fenolik bileşiklerdir (Kim ve ark., 2013b; Najman ve ark., 2021). Antioksidan kapasitedeki artış, ısıl işlem sırasında S-allil sistein (SAC) ve S-allil merkaptosistein, polifenoller, β-karbolin türevleri, melanoidinler, Amadori ve Heyns gibi bileşiklerin konsantrasyonundaki artışa atfedilebilir (Kim ve ark., 2012; Toledano Medina ve ark., 2019b; Qiu ve ark., 2020).

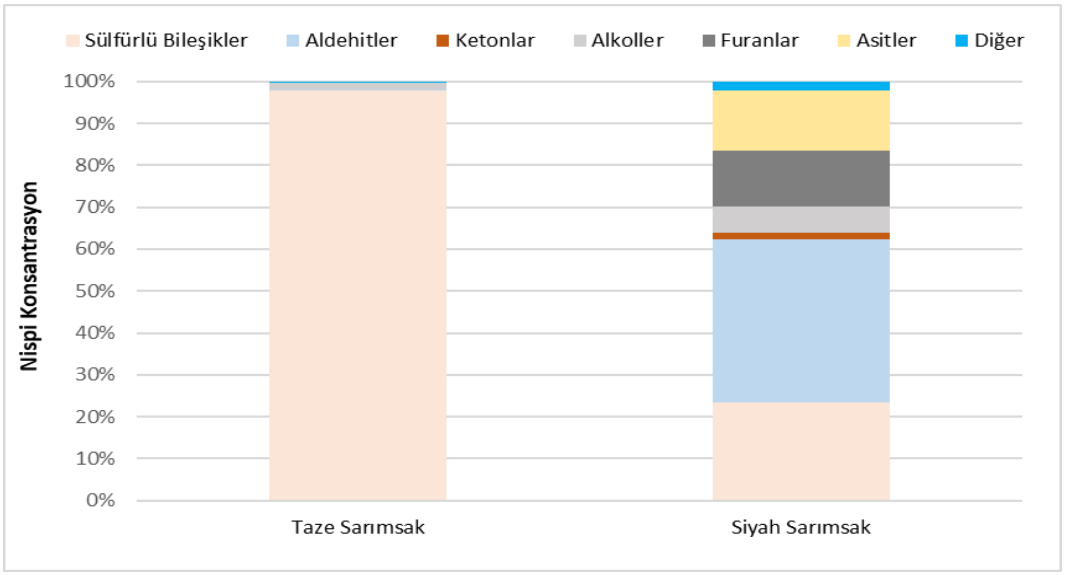
4.2.2 Taze ve Siyah Sarımsak Örneklerinin Uçucu Bileşik Profili

Taze ve siyah sarımsakların HS-SPME/GC-MS ile belirlenen uçucu bileşik profili Çizelge 4.4'de listelenmiştir. Sarımsak örneklerinde aldehitler, alkoller, asitler, furanlar, kükürtlü bileşikler, ketonlar ve diğer bileşikler olarak kategorize edilen toplam 49 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Taze sarımsakta dialil disülfit, alil metil disülfit ve alil (Z)-1-propenil disülfit başlıca olmak üzere sülfür içeren bileşiklerin hakim olduğu, bununla birlikte, aldehitler, ketonlar, furanlar, alkoller ve diğer bileşiklerin konsantrasyonunun siyah sarımsakta daha fazla olduğu tespit edilmiştir Taze sarımsağın siyah sarımsağa işlenmesi, dimetil trisülfit, alil metil trisülfit ve bütil merkaptan hariç tanımlanan diğer tüm sülfürlü bileşiklerin nispi konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır (Çizelge 4.4; Şekil 4.1).

Taze sarımsağın karakteristik ve keskin aroması, tiyosülfinatlar ve sülfür uçucuları gibi organosülfür bileşiklerin varlığı ile ilişkilidir. Tür, çeşit, yetiştirme ortamı, yetiştirme koşulları, iklim vb. gibi birçok faktör taze sarımsağın kalitesini ve dolayısıyla siyah sarımsağın duyusal özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Ayrıca, siyah sarımsak üretiminde uygulanan işlem koşulları (özellikle sıcaklık, bağıl nem ve zaman), Maillard reaksiyonu gibi sarımsağın yapısında meydana gelen reaksiyonlar ve taze sarımsağın besin içeriği de siyah sarımsağın aroma profilini etkileyebilir (Kilic-Buyukkurt ve ark., 2023). Siyah sarımsak, taze sarımsağa kıyasla daha kapsamlı bir aromaya sahiptir. Yoğun kükürt ve petrol benzeri kokunun yanı sıra orta düzeydeki taze salatalık benzeri lezzet, taze sarımsağın keskin lezzetinden sorumlu iken, sos benzeri, ekşi, kavrulmuş ve tatlımsı aromalar kükürtlü bileşiklerin varlığına rağmen siyah sarımsağın genel lezzetini çok daha hafif hale getirmektedir (Yang ve ark., 2019).

Çizelge 4.4 Sarımsak Örneklerinin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili (Arbitrary Area Units ($\times 10^{-5}$)

No	Uçucu Bileşik	Taze Sarımsak	Siyah Sarımsak
	Kükürt içeren bileşikler		
1	Metantiyol (Metil merkaptan)	44.3	0.0
2	Propen sülfür (Metiltiiran)	301.0	1.4
3	Alil merkaptan	79.2	0.0
4	Alil metil sülfit	61.6	11.0
5	Metil tiyolasetat	6.4	0.6
6	Dimetil disülfit	66.2	13.4
7	Tiyolan (Tetrahidrotiyofen)	442.1	0.0
8	Dialil sülfit	853.1	226.1
9	(Z)-Alil propenil sülfan	58.5	2.6
10	(E)-Alil propenil sülfan	53.3	0.0
11	3,4-Dimetiltiyofen	51.1	5.8
12	Alil metil disülfit	1877.0	37.0
13	Dimetil trisülfit	69.2	184.4
14	1,2-ditiyol	1053.8	54.9
15	Dialil disülfit	19081.0	314.8
16	Alil (E)-1-propenil disülfit	290.7	28.2
17	Alil (Z)-1-propenil disülfit	2880.1	50.8
18	Alil metil trisülfit	673.5	1303.9
19	Bütil merkaptan (1-Butanetiol)	0.0	19.9
	Alkoller		
20	Etanol	3.4	1.9
21	2-Propen-1-ol (Alil alkol)	409.3	95.3
22	2-Furanmetanol (Furfuril alkol)	9.6	500.4
	Aldehitler		
23	Asetaldehit	23.9	1.9
24	2-Propenal (Akrolein)	39.6	0.0
25	2-bütenal	0.0	4.0
26	Pentanal	0.0	3.7
27	Hekzanal	2.3	2.7
28	Furfural	7.3	3379.0
29	Heptanal	6.4	3.4
30	5-Metil-2-furaldehit (5-metilfurfural)	4.9	358.5
	Asitler		
31	Formik asit	0.1	476.2
32	Asetik asit	5.2	868.1
33	Propanoik asit	0.0	0.4
34	2-Metil-propanoik asit (izobütirik asit)	0.5	1.3
35	Bütanoik asit	0.4	14.0
36	İzovalerik asit (3-metilbütanoik asit)	0.0	6.4
37	Heksanoik asit	30.4	15.9
	Ketonlar		
38	Aseton (propanon)	2.3	10.5
39	Asetol (Hidroksiaseton)	0.3	160.0
40	Asetoin (3-hidroksibütanon)	0.6	3.7
	Furanlar		
41	Dihidrometilfuran	0.8	4.0
42	2-Asetilfuran	4.3	1253.4
43	2-Pentilfuran	1.3	1.6
44	Dihidro-2-metil-3-furanon	2.0	20.4
45	5-Metil-2(3H)-furanon	0.0	6.5
	Diğer bileşikler		
46	1,2-Propandiol, 1-asetat	55.4	26.4
47	Karbon disülfid	2.4	0.6
48	4,6-Dimetilpirimidin	2.2	87.1
49	2-Etil-6-metilpirazin	4.1	94.9



Şekil 4.1 Sarımsak Örneklerinin Uçucu Bileşiklerinin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Nispi Konsantrasyonları

Taze sarımsak, bir sistein türevi olan alliin (S-3-(2-propenilsülfinil)-L-alanin) içerir ve alliin sarımsak kesildiğinde veya ezildiğinde allinaz enzimi tarafından allisine dönüştürülmektedir. Allisin stabil bir bileşik değildir ve sarımsağın karakteristik lezzetine ve tadına katkıda bulunan çeşitli sülfitler olan ikincil ürünler oluşturmak için kolayca bozunur özelliktedir (Lee ve ark., 2003; Abe ve ark., 2020). Bu bağlamda, dialil disülfür, alil metil sülfür, alil mercaptan, metil merkaptan ve alil metil disülfür sarımsak nefesi olarak bilinen ve taze sarımsak tüketimini sınırlandıran keskin kokudan sorumlu bileşiklerdir (Hansanugrum ve Barringer, 2010; Munch ve Barringer, 2014). Çizelge 4.4'de görüldüğü üzere, siyah sarımsakta bu bileşiklerin nispi konsantrasyonu taze sarımsağa kıyasla önemli ölçüde düşüktür. Hatta, siyah sarımsakta alil mercaptan tespit edilememiştir. Sarımsağın 60 °C'nin üzerinde ısıya maruz bırakılması alliinazı inaktive eder ve keskin kokudan sorumlu allisin üretimi %75 ila 95 oranında azalır (Ríos-Ríos ve ark., 2019). Isıtma işlemi, sülfürlü bileşik konsantrasyonunu azaltırken, Maillard reaksiyonu tatlı ve kavrulmuş aromaya sahip bileşiklerin konsantrasyonunu artırmaktadır (Yang ve ark., 2019). Benzer şekilde, Martínez-Casas ve ark. (2017), taze sarımsakta %45 konsantrasyona sahip ana uçucu sülfür bileşiği olan dialil disülfür içeriğinin siyah sarımsakta %7'ye düştüğünü, siyah sarımsakta dimetil trisülfit içeriği artarken alil mercaptanın tespit edilemediğini bildirmiştir. Araştırmacılar ayrıca, Maillard reaksiyonunun bir sonucu olarak siyah sarımsakta taze sarımsağa kıyasla furfural, asetik asit ve 2-asetil furan

konsantrasyonunun arttığını belirlemiştir. Diğer bir çalışmada, 21 gün olgunlaşma süreci sonunda üretilen siyah sarımsakların dialil disülfür, alil mercaptan, asetaldehit, 2-bütenal içerikleri azalırken, alil metil sülfür, dimetil disülfit, dialil trisülfit, alil alkol, aseton, furfural, asetik asit ve benzaldehit konsantrasyonlarında artış tespit edilmiştir (Setiyoningrum ve ark., 2021).

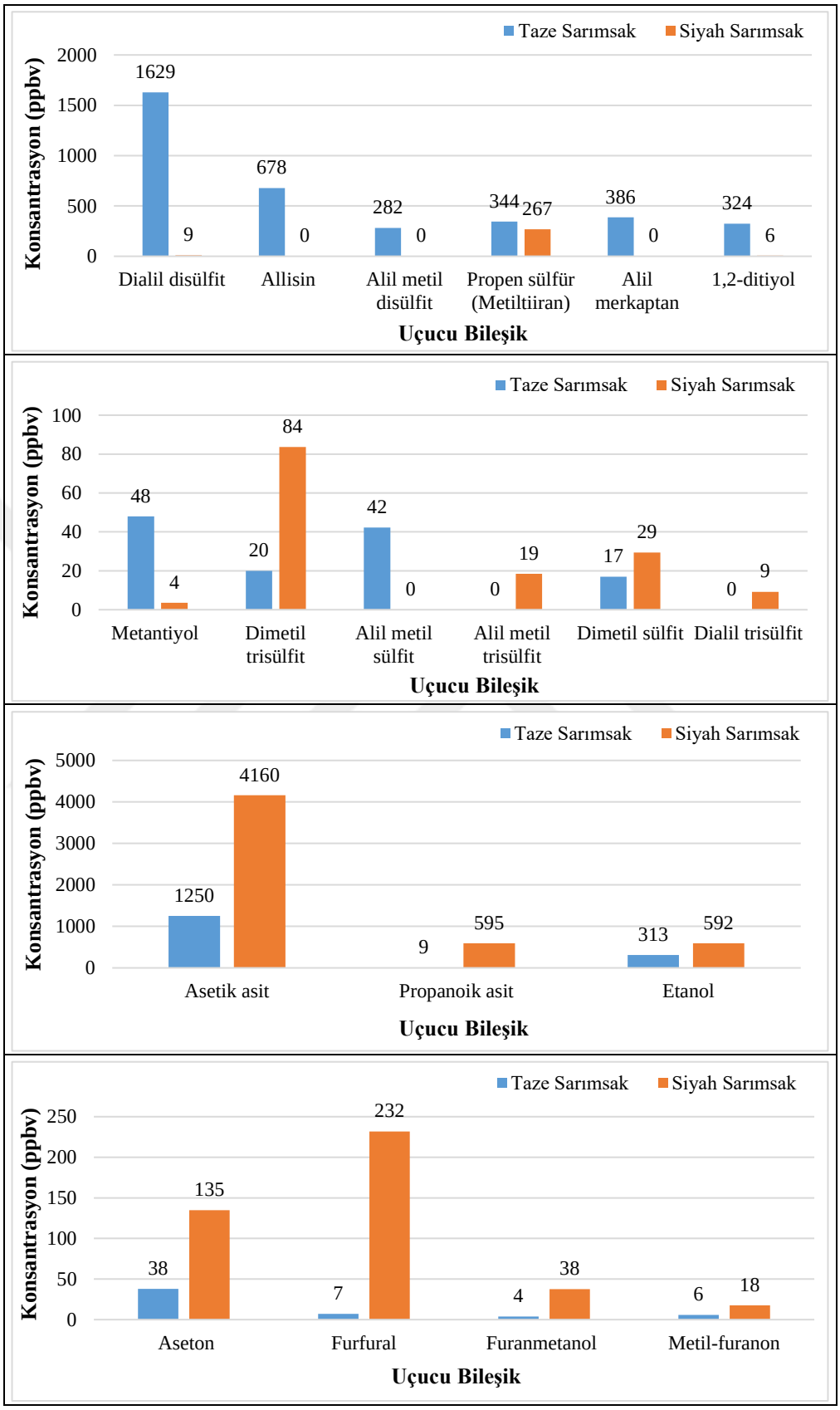
Çizelge 4.4 ve Şekil 4.1'de görüldüğü üzere, ekşimsi lezzete katkı sunan asetik asit, 3-metilbütanoik asit, formik asit ve propanoik asitlerin nispi konsantrasyonları siyah sarımsakta daha yüksek bulunmuştur. Siyah sarımsakta Maillard reaksiyonu veya lipid oksidasyonu sonucu organik asitler oluşabilmektedir. Asetik ve propanoik asitlerin konsantrasyonundaki artış, ısıl işlem ile heksoz, pentoz, α-dikarbonil ve β-dikarbonilin parçalanması ile ilişkilidir (Kilic-Buyukkurt ve ark., 2023). Ketonlar ile ilgili olarak, siyah sarımsaklarda aseton, hidroksiaseton ve asetoin konsantrasyonların taze sarımsağa kıyasla arttığı belirlenmiştir.

Taze sarımsak ile karşılaştırıldığında, 21 gün olgunlaştırılan siyah sarımsağın daha yüksek furfuril alkol ve daha düşük etanol ve 2-propen-1-ol konsantrasyonuna sahip olduğu saptanmıştır. 2-propen-1-ol için mevcut çalışmadaki bulgular, Molina-Calle ve ark. (2017) ile uyumlu iken siyah sarımsakta taze sarımsağa kıyasla daha yüksek 2-propen-1-ol konsantrasyonu bildiren Martínez-Casas ve ark. (2017) ve Setiyoningrum ve ark., (2021) ile farklılık göstermektedir. Bu farklılık, 2-propen-1-ol ile aliltiyo radikalleri, alil merkaptan veya alliin/deoksialliin arasındaki reaksiyonlardan kaynaklanabilir (Rizzi, 1995).

Siyah sarımsak üretimi sırasında Maillard reaksiyonu sonucunda melanoidinler, tiyofenler, alkil pirazinler, furanonlar ve furanlar gibi çeşitli heterosiklik bileşikler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, 5-HMF (5-hidroksimetil furfural) ve diğer furfural bileşiklerin konsantrasyonları da artış göstermektedir (Yang ve ark., 2019; Kilic-Buyukkurt ve ark., 2023). Bu bağlamda, mevcut çalışmada özellikle 2-asetilfuran olmak üzere dihidrometilfuran ve 2-pentilfuran konsantrasyonlarının siyah sarımsakta daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan, genel olarak tatlı-meyvemsi ve kavrulmuş lezzete katkı sunan 5-Metil-2(3H)-furanon, 4,6-dimetilpirimidin, dihidro-2-metil-3-furanon ve 2-etil-6-metilpirazin bileşik konsantrasyonlarının siyah sarımsakta daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.4;

Şekil 4.1). Mevcut bulgular ile uyumlu olarak, Najman ve ark., (2022) karbon disülfür, 2-metilotiyo etanol, 2-metil-2-propanetiol, 2-oktanon, 2 furanmetanol, α-pinen, 2,3,-dimetil-pirazin, 5-metilfurfural ve 4-hidroksi-5-metil-3-furanon bileşiklerini siyah sarımsaktaki kavrulmuş, karamelize ve meyvemsi aromaya katkıda bulunan Maillard reaksiyon ürünleri olarak tespit etmiştir. Yang ve ark. (2019) özellikle furaneol, 2(5H)-furanon, 5-heptildihidro-2(3H)-furanon, 1-(2-furanil)-ethanon, 2-asetil-1-pirolin ve butirolakton gibi heterosiklik bileşiklerin siyah sarımsağın kavrulmuş ve tatlı aromasına katkıda bulunduğunu bildirmiştir.

Şekil 4.2'de taze ve siyah sarımsak örneklerinin SIFT-MS ile belirlenen kantitatif uçucu bileşik konsantrasyonları verilmiştir. HS-SPME/GC-MS bulgularıyla uyumlu olarak, 21 gün olgunlaştırılarak üretilen siyah sarımsakta diallil disülfit (1629 ppbv'den 9 ppbv'ye), 1,2-ditiyol (324 ppbv'den 6 ppbv'ye) ve propen sülfür (344 ppbv'den 267 ppbv'ye) içeriğin önemli ölçüde azaldığı, taze sarımsakta 42-678 ppbv aralığında tespit edilen ve sarımsağın güçlü keskin kokusundan sorumlu allisin, alil metil disülfit, alil mercaptan, alil metil sülfit bileşiklerinin ise siyah sarımsak üretim süresince tamamen uzaklaştığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, siyah sarımsak üretimi sırasında dimetil trisülfit, alil metil trisülfit, dialil trisülfit, dimetil sülfit konsantrasyonlarında artış meydana gelmiştir. Öte yandan, siyah sarımsakta asetik asit (1250 ppbv'den 4160 ppbv'ye) propanoik asit (9 ppbv'den 595 ppbv'ye) ve etanol (313 ppbv'den 592 ppbv'ye) konsantrasyonlarının taze sarımsağa kıyasla sırasıyla 3.3, 66 ve 1.9 kat arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, aseton, furfural, furanmetanol ve metil-furanon miktarının ise taze sarımsağa kıyasla 3.6, 33.1, 9.5 ve 4.5 kat arttığı saptanmıştır. Mevcut sonuçlarla uyumlu olarak, Özcan Sinir ve Barringer, (2020) ABD'nin Ohio eyaletinde yetiştirilen yirmi beş sarımsak çeşidinde SIFT-MS ile ölçülen tepe boşluğunda dialil disülfürün tüm çeşitler için belirgin bir şekilde daha yüksek konsantrasyona sahip olduğunu, bunu allil mercaptan ve alil metil trisülfitin takip ettiğini, alil metil trisülfit, dimetil trisülfit, dialil trisülfit miktarlarının ise düşük düzeylerde olduğunu bildirmiştir.



Şekil 4.2 Taze ve Siyah Sarımsak Örneklerinin Uçucu Bileşiklerinin SIFT-MS ile Belirlenen Kantitatif Konsantrasyonları

4.3 Pastırma Çemenlerine ait Bulgular

4.3.1 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemen Formülasyonlarının Simplex Lattice Mixture Tasarım ile Optimizasyonu

Simplex Lattice Mixture dizayn (Çizelge 3.3, Çizelge 3.4) kullanılarak hazırlanan üç deneysel tasarıma göre üretilen pastırma çemenlerinin yanıt değişkenlere ait ortalama değerler Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çemen rengi, tüketicilerin pastırma satın alırken algıladıkları ilk renk olduğu için pastırmanın kabulünü önemli ölçüde etkilemektedir. Bu bağlamda, optimizasyon sırasında pastırma yüzeyine uygulanabilirlik için maksimum kırmızılık (a^*) hedeflenmiştir. Çizelge 4.6, 4.7 ve 4.8'de görüldüğü üzere, formülasyonlarda siyah sarımsak kullanımı ile çemenlerin a^* değerlerinde azalma meydana gelmiş, en düşük değerler %100 siyah sarımsak kullanılan 3. tasarım gruplarında belirlenmiştir. Bununla birlikte, duyusal renk skorları ve enstrümental ölçümler birlikte değerlendirildiğinde, taze ve siyah sarımsağın birlikte yer aldığı formülasyonlarda (2. tasarım) kırmızılığın kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu gözlenmiştir. Un ve sarımsak örneklerinin enstrümental renk değerleri dikkate alındığında (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3), kırmızı/siyah kinoa unu ve siyah sarımsak örnekleri daha yüksek a^* değerlerine sahip olmasına rağmen, daha düşük parlaklık (L^*) değerleri çemenlerin rengini olumsuz etkilemiştir. Bununla birlikte, ticari çemen unu, beyaz kinoa unu ve taze sarımsağın düşük a^* ve yüksek L^* değerleri çemenlerde daha yüksek kırmızılık ile sonuçlanmıştır. Yalnızca taze sarımsak kullanılarak üretilen formülasyonlarda (Çizelge 4.6) en yüksek kırmızılık %100 ticari çemen unu (No:1), %100 beyaz kinoa unu (No:2) ve kırmızı kinoa ununun bu unlarla eşit oranda (%50) yer aldığı (No:6 ve 8) formülasyonlar ile elde edilirken, en düşük kırmızılık siyah kinoa ununun yüksek oranlarda kullanıldığı çemenlerde (No: 4, 7, 14) belirlenmiştir. Taze sarımsak ve siyah sarımsağın eşit oranda kullanıldığı 2. tasarımda (Çizelge 4.6), en yüksek kırmızılık beyaz kinoa ununun tek başına (No:2) veya kırmızı kinoa unu ve ticari çemen unu ile eşit oranda (%50) yer aldığı (No:5 ve 8) formülasyonlar ile elde edilirken, siyah kinoa ununun yüksek oranlarda kullanıldığı çemenler (No: 4, 7, 14) en düşük kırmızılığı sunmuştur.

Çizelge 4.5 Simplex Lattice Mixture Dizayn Yöntemine Göre Hazırlanan 1. Grup Pastırma Çemenlerinin Yanıt Değişkenlere ait Ortalama Değerler

	Bileşen 1	Bileşen 2	Bileşen 3	Bileşen 4	Yanıt 1	Yanıt 2	Yanıt 3	Yanıt 4	Yanıt 5
Örnek	**X_1: Ticari Çemen unu**	**X_2: Beyaz kinoa unu**	**X_3: Kırmızı kinoa unu**	**X_4: Siyah kinoa unu**	**Kırmızılık (*a**)**	**TFM[a]**	**ABTS-ARA (TEAC[b])**	**Sürülebilirlik[c]**	**Duyusal Beğeni Düzeyi**
1	1.000	0.000	0.000	0.000	13.10±0.05	79.81±1.28	130.21±2.54	1024.54±50.49	6.70±0.42
2	0.000	1.000	0.000	0.000	13.31±0.21	74.57±1.40	120.04±7.71	593.97±33.86	3.20±0.28
3	0.000	0.000	1.000	0.000	11.82±0.03	80.06±1.89	134.55±9.47	723.36±17.69	7.10±0.71
4	0.000	0.000	0.000	1.000	9.15±0.03	78.06±0.21	111.28±6.62	640.09±31.02	5.60±0.14
5	0.500	0.500	0.000	0.000	11.90±0.10	78.68±1.17	125.06±6.44	829.71±51.30	5.16±0.51
6	0.500	0.000	0.500	0.000	11.97±0.13	79.00±0.80	134.54±2.68	885.16±26.98	7.30±0.28
7	0.500	0.000	0.000	0.500	9.27±0.09	78.94±2.52	124.37±5.15	784.67±19.47	6.15±0.21
8	0.000	0.500	0.500	0.000	12.18±0.01	78.60±0.55	129.95±3.25	698.21±32.76	4.85±0.35
9	0.000	0.500	0.000	0.500	9.63±0.06	76.91±1.46	104.22±4.62	621.16±38.78	4.60±0.64
10	0.000	0.000	0.500	0.500	9.92±0.14	78.43±0.23	110.58±4.14	655.98±48.67	6.08±0.11
11	0.625	0.125	0.125	0.125	11.22±0.04	79.68±1.25	127.15±6.80	983.53±17.22	6.60±0.35
12	0.125	0.625	0.125	0.125	11.17±0.13	77.64±0.37	120.76±2.72	738.94±52.01	4.10±0.42
13	0.125	0.125	0.625	0.125	11.00±0.04	79.14±1.87	128.59±3.42	802.70±27.37	7.60±0.38
14	0.125	0.125	0.125	0.625	9.41±0.11	78.54±2.57	112.23±2.14	762.05±29.83	5.85±0.20
15	0.250	0.250	0.250	0.250	10.29±0.04	78.10±0.20	121.48±2.50	876.18±31.76	6.30±0.07

X_1: Ticari çemen unu, X_2: Beyaz kinoa unu, X_3: Kırmızı kinoa unu, X_4: Siyah kinoa unu

[a]TFM: Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g); [b]TEAC: Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (µg TE/100 mg); [c]Sürülebilirlik: Kesme işi (Work of Shear) (g.sn)

Çizelge 4.6 Simplex Lattice Mixture Dizayn Yöntemine Göre Hazırlanan 2. Grup Pastırma Çemenlerinin Yanıt Değişkenlere ait Ortalama Değerler

	Bileşen 1	Bileşen 2	Bileşen 3	Bileşen 4	Yanıt 1	Yanıt 2	Yanıt 3	Yanıt 4	Yanıt 5
Örnek	**X_1: Ticari Çemen Unu**	**X_2: Beyaz kinoa unu**	**X_3: Kırmızı kinoa unu**	**X_4: Siyah kinoa unu**	**Kırmızılık (*a**)**	**TFM[a]**	**ABTS-ARA (TEAC[b])**	**Sürülebilirlik[c]**	**Duyusal Beğeni Düzeyi**
1	1.000	0.000	0.000	0.000	10.76±0.07	106.84±1.75	150.27±3.63	1374.63±10.74	6.30±0.28
2	0.000	1.000	0.000	0.000	11.22±0.17	103.75±6.23	125.93±7.80	704.27±17.31	3.00±0.00
3	0.000	0.000	1.000	0.000	10.80±0.04	112.36±1.92	157.92±2.63	881.62±11.47	7.20±0.20
4	0.000	0.000	0.000	1.000	8.73±0.03	109.13±0.67	133.92±1.37	819.18±15.55	6.20±0.42
5	0.500	0.500	0.000	0.000	11.18±0.12	103.50±6.10	137.82±5.42	960.57±29.54	5.00±0.14
6	0.500	0.000	0.500	0.000	10.91±0.08	110.69±4.12	153.85±3.05	973.63±15.95	7.00±0.00
7	0.500	0.000	0.000	0.500	9.09±0.07	107.13±0.38	148.32±10.44	968.37±5.74	6.08±0.25
8	0.000	0.500	0.500	0.000	11.15±0.04	107.80±0.76	143.02±2.41	820.45±28.15	5.40±0.28
9	0.000	0.500	0.000	0.500	9.56±0.06	107.26±2.00	133.92±1.90	722.94±52.76	4.00±0.35
10	0.000	0.000	0.500	0.500	9.73±0.06	110.94±3.58	144.15±4.43	830.25±39.12	6.50±0.71
11	0.625	0.125	0.125	0.125	10.50±0.08	106.99±1.92	151.25±1.39	1154.37±22.33	6.00±0.28
12	0.125	0.625	0.125	0.125	10.84±0.09	105.28±0.88	134.79±2.29	782.30±18.26	4.50±0.62
13	0.125	0.125	0.625	0.125	10.83±0.03	110.79±2.67	153.84±1.62	905.65±15.14	7.50±0.50
14	0.125	0.125	0.125	0.625	9.15±0.10	107.51±3.10	137.55±3.03	799.74±20.96	6.50±0.14
15	0.250	0.250	0.250	0.250	10.18±0.04	108.59±1.35	147.81±2.92	940.36±63.58	6.25±0.35

X_1: Ticari çemen unu, X_2: Beyaz kinoa unu, X_3: Kırmızı kinoa unu, X_4: Siyah kinoa unu

[a]TFM: Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g); [b]TEAC: Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (µg TE/100 mg); [c]Sürülebilirlik: Kesme işi (Work of Shear) (g.sn)

Çizelge 4.7 Simplex Lattice Mixture Dizayn Yöntemine Göre Hazırlanan 3. Grup Pastırma Çemenlerinin Yanıt Değişkenlere ait Ortalama Değerler

	Bileşen 1	Bileşen 2	Bileşen 3	Bileşen 4	Yanıt 1	Yanıt 2	Yanıt 3	Yanıt 4	Yanıt 5
Örnek	**X_1: Ticari Çemen Unu**	**X_2: Beyaz kinoa unu**	**X_3: Kırmızı kinoa unu**	**X_4: Siyah kinoa unu**	**Kırmızılık (*a**)**	**TFM[a]**	**ABTS-ARA (TEAC[b])**	**Sürülebilirlik[c]**	**Duyusal Beğeni Düzeyi**
1	1.000	0.000	0.000	0.000	8.59±0.06	126.36±12.56	162.66±11.35	1844.69±86.26	5.90±0.21
2	0.000	1.000	0.000	0.000	10.39±0.09	143.48±1.12	170.63±2.98	854.95±46.52	3.00±0.70
3	0.000	0.000	1.000	0.000	10.31±0.11	150.56±2.49	185.84±14.45	984.31±31.33	7.10±0.64
4	0.000	0.000	0.000	1.000	8.19±0.14	150.49±7.25	180.54±11.07	1033.73±20.06	6.15±0.21
5	0.500	0.500	0.000	0.000	10.29±0.09	129.82±3.74	164.52±10.35	1289.96±14.79	4.30±0.28
6	0.500	0.000	0.500	0.000	10.13±0.08	136.23±1.30	172.94±8.81	1312.77±99.84	6.50±0.71
7	0.500	0.000	0.000	0.500	9.03±0.05	139.04±2.31	171.99±1.93	1274.11±39.29	5.75±0.35
8	0.000	0.500	0.500	0.000	10.61±0.04	147.87±0.91	175.74±12.49	1156.24±24.95	4.45±0.21
9	0.000	0.500	0.000	0.500	9.26±0.09	146.25±1.53	168.18±4.91	984.06±47.63	4.00±0.00
10	0.000	0.000	0.500	0.500	8.12±0.03	150.67±3.95	183.33±7.17	1055.39±27.33	6.36±0.20
11	0.625	0.125	0.125	0.125	9.81±0.04	136.11±2.59	167.13±13.87	1545.27±63.47	6.40±0.50
12	0.125	0.625	0.125	0.125	10.15±0.06	142.46±0.80	171.78±3.75	1174.35±27.87	4.10±0.14
13	0.125	0.125	0.625	0.125	9.88±0.14	145.96±2.38	180.21±3.07	1136.09±14.59	7.35±0.07
14	0.125	0.125	0.125	0.625	8.80±0.04	144.70±2.67	177.81±13.99	1121.13±14.30	6.20±0.42
15	0.250	0.250	0.250	0.250	9.49±0.07	140.07±4.44	174.12±5.05	1233.06±30.10	6.25±0.35

X_1: Ticari çemen unu, X_2: Beyaz kinoa unu, X_3: Kırmızı kinoa unu, X_4: Siyah kinoa unu

[a]TFM: Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g); [b]TEAC: Troloks eşdeğer antioksidan kapasite (µg TE/100 mg); [c]Sürülebilirlik: Kesme işi (Work of Shear) (g.sn)

Siyah sarımsağın %100 kullanıldığı ve taze sarımsak yer almayan 3. tasarım formülasyonlarda (Çizelge 4.7) ise en düşük kırmızılık ticari çemen unu ve siyah kinoa ununun yüksek oranlarda kullanıldığı çemenlerde (No: 1, 4, 10, 14) belirlenmiş, diğer formülasyonların benzer kırmızılık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, farklı renk değerlerine sahip örneklerin bir gıda matrisi içerisinde birlikte yer aldığında şartlara (miktar, asitlik, oksidatif reaksiyonlar, diğer bileşen ve pigmentlerle etkileşim gibi) bağlı olarak son üründe değişik renkler sunabileceğini göstermiştir. Buna göre, optimizasyon çalışmalarının gıda formülasyonlarının geliştirilmesinde oldukça önemli olduğu ifade edilebilir.

Sürülebilirlik, yarı katı ürünler için son derece önemli bir tekstürel özelliktir. Ürünün yüzey üzerinde ne kadar kolay dağıldığı ile ilgilidir ve sertliğe ve kesme işine bağlıdır. Sertlik ve kesme işinin daha küçük değerleri numunenin daha iyi yayılabilirliğini göstermektedir. Kesme işlemini gerçekleştirmek için gereken toplam kuvvet miktarını temsil eden daha küçük bir alan (kesme işi), daha yumuşak bir yayılma ve dolayısıyla daha yüksek bir sürülebilirlik anlamına gelmektedir (Shakerardekani ve ark., 2013; Nikolić ve ark., 2014). Mevcut çalışmada, pastırma çemenlerinin tekstürel özellikleri için sertlik (firmness) (g), yapışkanlık (stickiness) (g), kesme işi (work of shear) (g.s) ve yapışma işi (work of adhesion) (g.s) parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca, çemenlerin sürülebilirliği ve pastırma yüzeyine uygulanabilirliği duyusal testler sırasında panelistler tarafından değerlendirilmiştir.

1. ve 2. tasarım formülasyonlarda (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6) en yüksek kesme işi değerleri ticari çemen ununun yüksek oranlarda kullanıldığı çemenlerde (No: 1 ve 11), en düşük değerler ise %100 beyaz kinoa unu (No:2), %100 siyah kinoa unu (No:4) ve bu unların eşit oranda (%50) yer aldığı (No:9) formülasyonlarda belirlenmiştir. Siyah sarımsağın %100 kullanıldığı 3. tasarım incelendiğinde, ticari çemen ununun yüksek oranlarda kullanıldığı formülasyonlarda (No: 1 ve 11) kesme işinin en yüksek, %100 beyaz kinoa unu (No:2), %100 siyah kinoa unu (No:4) ve bu unların eşit oranda (%50) yer aldığı (No:9) formülasyonlarda ise en düşük olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, ticari çemen unlarının kinoa unlarına kıyasla pastırma çemenlerinde daha yüksek kesme işi değerleri sunduğu, kırmızı kinoa unlarının, ticari çemen unlarına en yakın kesme işi değerleri sağladığını göstermiştir. Ticari çemen unlarının yüksek protein içeriği ve yapısındaki galaktomannanlardan dolayı su tutma kapasitesi

yüksektir (Sakhare ve ark., 2020). Bu yüzden, taze veya siyah sarımsak kullanımından bağımsız olarak pastırma çemeni üretiminde ticari çemen unu kullanım oranı arttıkça kesme işi değerlerinde artış tespit edilmiştir. Ayrıca, formülasyonda siyah sarımsak oranı arttıkça kesme işi değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Bu durum, siyah sarımsağın taze sarımsağa kıyasla daha düşük nem içeriğinden kaynaklanmaktadır.

Pastırma üretiminde kaplama materyali olarak kullanılan çemenin sürülebilirliğinin pastımaya uygulanabilir olması önemlidir. Bu bağlamda, sürülebilirliği yansıtan enstrümental veriler (sertlik, kesme işi, yapışkanlık) ve panelistler tarafından skorlanan sürülebilirlik puanları birlikte değerlendirildiğinde, çok yüksek kesme işi değerlerinin sürülebilirliği azaltarak pastırmaya uygulanabilirliği olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Bu nedenle, pastırma yüzeyine uygulanabilirlik için kesme işinin (work of shear) 950 ila 1050 g.s arasında kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Optimizasyon sırasında sürülebilirlik için kesme işi (work of shear) verileri dikkate alınmış ve optimizasyon sırasında pastırma yüzeyine uygulanabilirlik hedef değeri olarak geleneksel pastırma çemeninin sahip olduğunu kesme işi değeri (ortalama 1000 g.s) kullanılmıştır.

Et ve et ürünleri yağ ve protein içeriği nedeniyle oksidatif bozulmalara karşı hassastır. Pastırma üretiminde ikinci presleme aşamasından sonra uygun bir çemenleme işlemi uygulanmazsa, daha sonraki aşamalarda ve özellikle depolama sırasında lipid oksidasyonu açısından önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Son yapılan çalışmalar çemen formülasyonda doğal antioksidanlar (ahududu, nar, kırmızı lahana, kırmızı pancar) kullanılarak üretilen çemenler ile kaplanan pastırmalarda oksidatif reaksiyonlar geciktirilerek renk ve kalite kaybının önlenebileceği belirtilmiştir (Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023). Bu nedenle mevcut çalışmada, biyoaktif özellikler için TFM içeriği ve ABTS-ARA değerleri dikkate alınmış ve optimizasyon sırasında maksimum TFM içeriği ve antioksidan aktivite hedeflenmiştir. Yalnızca taze sarımsak kullanılarak üretilen formülasyonlarda (Çizelge 4.5) en yüksek TFM içeriği %100 ticari çemen unu (No:1) ve %100 kırmızı kinoa unu (No:3) içeren formülasyonlarda elde edilirken, en düşük TFM içeriği beyaz kinoa ununun yüksek oranlarda kullanıldığı çemenlerde (No: 2, 9, 12) belirlenmiştir. %50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsağın kullanıldığı 2. tasarımda (Çizelge 4.6), en yüksek TFM içeriği kırmızı kinoa ununun yüksek oranda kullanıldığı (No:3 ve No:13) veya siyah kinoa unu ve ticari çemen unu

ile eşit oranda (%50) yer aldığı (No:6 ve 10) formülasyonlarda elde edilirken, beyaz kinoa ununun yüksek oranlarda kullanıldığı çemenlerin (No: 2, 5, 12) ise en düşük TFM içeriğe sahip olduğu bulunmuştur. Yalnızca siyah sarımsağın kullanıldığı ve taze sarımsak yer almayan 3. tasarım formülasyonlarda (Çizelge 4.7) ise en yüksek TFM içeriği %100 kırmızı kinoa unu (No: 3), %100 siyah kinoa unu (No: 4) ve bu unların eşit oranda karışımı ile hazırlanan çemenlerde (No: 10) belirlenmiştir.

Bir diğer yanıt parametresi olan antioksidan aktivite sonuçları incelendiğinde, ABTS-ARA değerlerinin TFM içerikleri ile büyük oranda benzerlik gösterdiği saptanmıştır. 1. tasarım formülasyonlarda (Çizelge 4.5) en yüksek ABTS-ARA değerleri %100 ticari çemen unu, %100 kırmızı kinoa ve bu unların birlikte kullanıldığı çemenlerde (No: 1, 3, 6), en düşük değerler ise özellikle beyaz kinoa unu ve siyah kinoa unu ağırlıklı formülasyonlarda (No:2, 4, 9, 10, 14) belirlenmiştir. Benzer şekilde, 2. tasarım çemenlerde (Çizelge 4.6) en yüksek ABTS-ARA değerleri ticari çemen unu ve kırmızı kinoa unlarının yüksek oranlarda veya birlikte kullanıldığı formülasyonlarda (No: 1, 3, 6, 11, 13) tespit edilmiş, beyaz kinoa unu ve siyah kinoa ununun ağırlıklı formülasyonlarının (No:2, 4, 9) daha düşük ABTS-ARA değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Formülasyonlarda siyah sarımsağın %100 kullanıldığı 3. tasarım incelendiğinde (Çizelge 4.7), en yüksek ABTS-ARA değerleri %100 kırmızı kinoa unu (No: 3), %100 siyah kinoa unu (No: 4) ve bu unların eşit oranda karışımı ile hazırlanan çemenlerde (No: 10) belirlenmiştir. Üç tasarım birlikte değerlendirildiğinde, çemen formülasyonunda siyah sarımsak kullanımı ile TFM içerik ve antioksidan aktivitenin arttığı, bu artışın konsantrasyona bağlı olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, kırmızı kinoa unu içeren formülasyonlarda genellikle daha yüksek antioksidan kapasite belirlenmiştir. Bu durum, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa ununun, taze sarımsak ve diğer unlara kıyasla daha yüksek TFM içeriklerine ve ABTS-ARA değerlerine (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3) atfedilebilir.

Renk/görünüm, yapı/tekstür, koku ve tat parametreleri üzerinden değerlendirilen duyusal beğeni düzeyi puanları incelendiğinde, 1 ve 3. tasarımlar için on beş numuneden 10'u, 2. tasarım için ise 12 tanesi kabul edilebilir düzeyin (5.0) üzerinde puanlanmıştır. Beyaz kinoa unu, kontrol çemenlerin renk özelliklerini sürdürmesine rağmen lezzet ve tekstürel özelliklerini olumsuz etkilemiş, bu nedenle formülasyonlardaki beyaz kinoa unu oranı arttıkça duyusal beğeni düzeyi puanlarında

azalma görülmüştür. Bu azalma siyah sarımsak dahil edilerek üretilen 2. ve 3. deneysel tasarımlar için daha belirgin düzeydedir. Siyah kinoa unu içeren çemenler ise Kontrol gruplara kıyasla düşük renk/görünüm ve zayıf yapı/tekstür puanlarının sonucu olarak panelistler tarafından düşük duyusal beğeni düzeyi skorları almıştır. Kırmızı kinoa unu kullanımının çemenlerin lezzetini geliştirdiği, rengi önemli derecede koruduğu ve kontrol gruplara yakın tekstürel özellikler sergilediği belirlenmiştir. Öte yandan, formülasyona siyah sarımsak dahil edilmesi ile birlikte çemenlerin duyusal beğeni düzeylerinde artış gözlenmiş, formülasyonda %50 taze sarımsak ve %50 siyah sarımsak içeren çemenler yalnızca taze sarımsak (%100) veya siyah sarımsak (%100) kullanılan gruplardan daha fazla beğenilmiştir. En yüksek duyusal beğeni düzeyi puanları (>7) kırmızı kinoa unu ve ticari çemen ununun birlikte yer aldığı (1 ve 3. tasarım için 3, 6, 13 numara; 2. tasarım için 3 ve 13 numara) formülasyonlarda belirlenmiştir. Üç deneysel tarasım için de yalnızca beyaz kinoa unu (%100) ile hazırlanan fromülasyonlar (2 numara) en az beğenilen çemenler olurken, kırmızı kinoa ununun yüksek oranda (%62.5) yer aldığı 13 numaralı formülasyonlar duyusal açıdan en fazla beğenilen grup olarak ön plana çıkmıştır.

4.3.1.1 Model Uyumluluğu

Modelden üretilen denklemler ve regresyon (p-değeri), belirleme katsayısı (R^2), düzeltilmiş R^2 (R^2_{adj}), tahmin edilen R^2 (R^2_{pred}), ortalama, standart sapma, yeterli tahminleme (Adeq Precision), tahmin hata kareler toplamı (PRESS) ve varyasyon katsayısı (%VK) gibi istatistiksel parametreler Çizelge 4.8'de verilmiştir. R^2, açıklanan varyasyonun toplam varyasyona oranı olan büyüklüğüne göre tanımlanır. İyi bir matematiksel uyum modeli büyük bir R^2 (%80'den büyük) ve düzeltilmiş R^2 (R^2_{adj}) değerine sahip olmalıdır. VK, standart sapmayı ortalamanın yüzdesi olarak ifade eder ve genel olarak VK %10'dan büyük olması istenmez. VK'nin küçük değerleri yürütülen deneylerin daha iyi bir hassasiyetini ve güvenilirliğini temsil eder (Myers ve ark., 2016). Düzeltilmiş-R^2 ve tahmin edilen R^2 değerlerinin maksimum, tahmin hata kareler toplamının (PRESS) ise minimum olduğu modeller önerilmiştir.

Çizelge 4.8 Denklemler ve Model Uygunluğunu Belirlemek için İstatistiksel Parametreler

Optimizasyon-1										
	Eşitlikler	**R^2**	**R^2_{adj}**	**R^2_{pred}**	**Regresyon (p-değeri)**	**Ortalama**	**Std.**	**Yeterli tahminleme***	**PRESS**	**VK(%)**
Kırmızılık (*a)**	13.11*A + 13.27*B + 11.80*C + 9.21*D - 5.28*AB - 1.97*AC - 7.26*AD - 1.65*BC - 6.36*BD - 2.16*CD	0.9955	0.9873	0.8765	< 0.0001	11.02	0.15	32.670	3.23	1.40
TFM[a]	79.88*A + 74.62*B + 80.04*C + 78.11*D + 6.09*AB - 3.75*AC + 0.16*AD + 5.08*BC + 2.47*BD - 2.57*CD	0.9755	0.9315	0.7571	0.0016	78.41	0.35	18.830	6.17	0.45
ABTS-ARA (TEAC[b])	129.77*A + 120.10*B + 134.66*C + 111.06*D + 1.93* AB + 10.94*AC + 16.14*AD + 13.90*BC - 43.14*BD - 46.62*CD	0.9947	0.9850	0.8337	< 0.0001	122.33	1.13	32.734	198.04	0.92
Kesme işi**	1055.23*A + 639.18*B + 757.12*C + 647.20*D	0.8615	0.8237	0.7622	< 0.0001	774.68	53.91	14.946	54892.79	6.96
Duyusal Beğeni Düzeyi	7.01*A + 3.16*B + 7.42*C + 5.66*D	0.9027	0.8761	0.8343	< 0.0001	5.81	0.44	18.915	3.57	7.51
Optimizasyon-2										
	Eşitlikler	**R^2**	**R^2_{adj}**	**R^2_{pred}**	**Regresyon (p-değeri)**	**Ortalama**	**Std.**	**Yeterli tahminleme***	**PRESS**	**VK(%)**
Kırmızılık (*a)**	10.76*A + 11.23*B + 10.84*C + 8.70*D + 0.85*AB + 0.64*AC - 2.62*AD + 0.71*BC - 1.62*BD - 0.091*CD	0.9941	0.9834	0.8711	< 0.0001	10.31	0.11	28.531	1.28	1.05
TFM[a]	106.37*A + 103.33*B + 112.93*C + 108.97*D	0.9267	0.9067	0.8681	< 0.0001	107.90	0.79	23.507	12.37	0.73
ABTS-ARA (TEAC[b])	153.01*A + 127.19*B + 158.42*C + 135.87*D	0.9246	0.9040	0.8629	< 0.0001	143.62	2.88	21.027	165.35	2.00
Kesme işi**	1300.00*A + 696.75*B + 867.72*C + 772.42*D	0.9188	0.8967	0.8280	< 0.0001	909.22	55.39	21.092	71512.44	6.09
Duyusal Beğeni Düzeyi	6.46*A + 3.10*B + 7.64*C + 6.12*D	0.9114	0.8873	0.8422	< 0.0001	5.83	0.42	21.114	3.40	7.15
Optimizasyon-3										
	Eşitlikler	**R^2**	**R^2_{adj}**	**R^2_{pred}**	**Regresyon (p-değeri)**	**Ortalama**	**Std.**	**Yeterli tahminleme***	**PRESS**	**VK(%)**
Kırmızılık (*a)**	8.64*A + 10.38*B + 10.31*C + 8.21*D + 3.16*AB + 2.72*AC + 2.58*AD + 0.92*BC - 0.22*BD - 4.58*CD	0.9910	0.9748	0.8488	< 0.0001	9.54	0.13	22.986	1.44	1.38
TFM[a]	125.21*A + 142.20*B + 150.34*C + 150.28*D	0.9519	0.9388	0.9175	< 0.0001	142.00	1.84	26.485	63.68	1.29
ABTS-ARA (TEAC[b])	162.25*A + 167.85*B + 185.68*C + 179.53*D	0.9278	0.9081	0.8530	< 0.0001	173.83	2.06	22.019	95.09	1.19
Kesme işi**	1763.49*A + 964.35*B + 1054.23*C + 1017.96*D	0.8949	0.8662	0.7685	< 0.0001	1200.01	89.38	17.315	1.935E+005	7.45
Duyusal Beğeni Düzeyi	6.15*A + 2.75*B + 7.33*C + 6.11*D	0.8824	0.8504	0.8096	< 0.0001	5.59	0.50	17.821	4.40	8.90

VK: Varyasyon katsayısı; *Yeterli tahminleme (Adeq Precision); **: Kesme işi [Work of Shear (g.sn)]
ABTS-ARA: ABTS antiradikal aktivite (µg TE/100 mg); [a]TFM: Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g); [b]TEAC: Troloks eşdeğer antioksidan kapasite

Buna göre, tüm yanıtların varyans analizinin (ANOVA) p-değeri 0.05'ten küçük bulunmuştur, bu da seçilen modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Yanıtların R^2 değerleri 0.8615 ile 0.9955 arasında değişmektedir ve bu değerler modelin yeni değerleri tahmin etme kabiliyeti için tamamen tatmin edicidir. Ayrıca, yanıtların tahminlenen-R^2 (R^2_{pred}) ve düzeltmiş-R^2 (R^2_{adj}) değerleri makul bir uyum içindedir; başka bir deyişle, aralarındaki fark 0.2'den azdır. Tüm yanıtlar için yeterli tahminleme (Adeq Precision) >4 olması modelin uyumlu olduğunu göstermektedir. Modelin uyumluluğu, PRESS değerinin minimum olması ile de doğrulanmıştır. Sonuç olarak, mevcut model deneysel verilerin temsili için yeterlidir. Tüm istatistiksel değerlendirmeler, yazılımdan elde edilen modellerin bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki etkisini ve pastırma çemeni üretim sürecinin optimizasyonunu belirlemek için kullanılabileceğini göstermiştir.

4.3.1.2 Optimizasyon ve Doğrulama

Optimizasyon için kullanılan aralık, sınır, maksimum ve hedef değerler ile çalışmanın amacına yönelik bu değerlere ait önem dereceleri EK-1'de verilmiştir. Komponentler için aralık, yanıt parametrelerinden kırmızılık (*a**), TFM, ABTS-ARA için maksimum, kesme işi değeri için 1000 g.s, duyusal beğeni düzeyi için ise 5 puan alt sınır olmak üzere maksimum değerler hedeflenmiştir. Hedef değerlere göre optimizasyon sonucu önerilen çözümler ve istenilirlik değerleri EK-2'de, rampa ve istenilirlik şekilleri EK-3, EK-4 ve EK-5'te sunulmuştur. Buna göre, Optimizasyon-1, Optimizasyon-2 ve Optimizasyon-3 için sırasıyla 0.874 (%87.4), 0.929 (%92.9) ve 0.954 (%95.4) olarak yüksek istenilirlik elde edilmiştir. Optimizasyon-1 için %81.5 ticari çemen unu + %18.5 kırmızı kinoa unu, Optimizasyon-2 için %30.6 ticari çemen unu + %69.6 kırmızı kinoa unu, Optimizasyon-3 için %100 kırmızı kinoa unu karışımları ile en yüksek istenilirliğe ulaşılabileceği belirlenmiştir. Çizelge 4.9'da pastırma üretiminde kullanılan kontrol ve optimize çemen formülasyonları, Çizelge 4.10'da ise bu formülasyonlarda yer alan bileşenlerin oran ve miktarları verilmiştir.

Elde edilen tahmin modellerinin yeterli ve uygun olup olmadığını belirlemek için, optimize formülasyonlar kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinde analizler gerçekleştirilmiş ve doğrulama yapılmıştır. Çizelge 4.11'de görüldüğü üzere doğrulama sonuçları, gözlenen ve tahmin edilen değerler arasında iyi bir uyum olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.9 Pastırma Üretiminde Kullanılmak Üzere Optimizasyon Sonucu Belirlenen Çemen Formülasyonları

Örnek Kodu	Tanımlama
Kontrol	Ticari çemen unu kullanılarak üretilen çemen *%100 Taze sarımsak; %100 Ticari çemen unu*
Ç1	Optimizasyon-1 sonucu belirlenen un karışımı kullanılarak üretilen çemen *%100 Taze sarımsak; %81.5 Ticari çemen unu + %18.5 Kırmızı kinoa unu*
Ç2	Optimizasyon-2 sonucu belirlenen un karışımı kullanılarak üretilen çemen %50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsak; %30.6 *Ticari çemen unu* + %69.4 *Kırmızı kinoa unu*
Ç3	Optimizasyon-3 sonucu belirlenen un karışımı kullanılarak üretilen çemen %100 Siyah sarımsak; %100 Kırmızı kinoa unu

Çizelge 4.10 Optimizasyon Sonucu Belirlenen Pastırma Çemen Formülasyonlarındaki Bileşenlerin Oran ve Miktarları

Örnek Kodu	Taze Sarımsak		Siyah Sarımsak		Ticari çemen unu		Kırmızı kinoa unu		Toz kırmızı biber	Su
	Oran (%)	Miktar (g)	Oran (%)	Miktar (g)	Oran (%)	Miktar (g)	Oran (%)	Miktar (g)	Miktar (g)	Miktar (mL)
Kontrol	100	*350*	-	-	100	*350*	-	-	*150*	1100
Ç1	100	*350*	-	-	81.5	*407.5*	18.5	*92.5*	*150*	1100
Ç2	50	*175*	50	*175*	30.6	*153*	69.4	*347*	*150*	1100
Ç3	-	-	100	*350*	-	-	100	*500*	*150*	1100

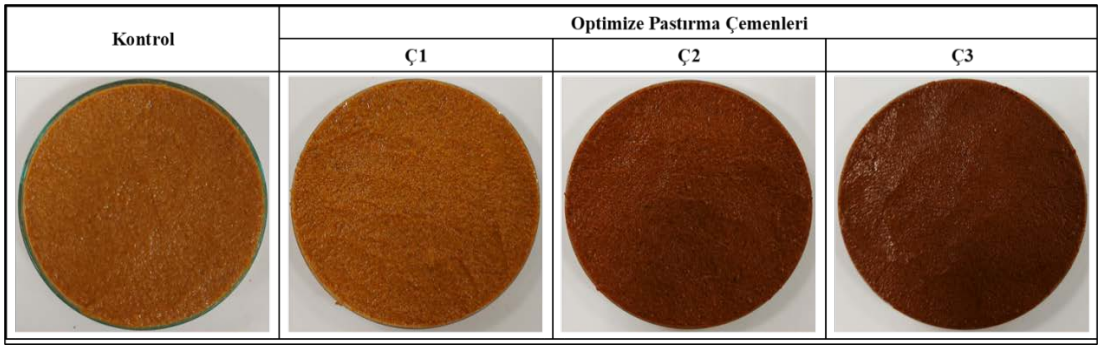
Çizelge 4.11 Optimum Koşullarda Elde Edilen Yanıtların Tahmini ve Deneysel Değerleri

Parametre	Beklenen Yanıt Değerleri	Gerçek Analiz Değerleri	Fark (%)
	Optimizasyon-1		
Kırmızılık (*a değeri)**	12.57	13.05±0.10	3.82
TFM (mg GAE/100 g)	79.35	75.82±0.71	-4.45
ABTS-ARA (µg TE/100 mg)	132.33	135.69±4.12	2.54
Kesme işi* (g.sn)	1000.00	1043.77±61.40	4.38
Duyusal beğeni düzeyi	7.09	6.73±0.38	-5.08
	Optimizasyon-2		
Kırmızılık (*a değeri)**	10.95	11.88±0.20	8.49
TFM (mg GAE/100 g)	110.93	113.25±0.57	2.09
ABTS-ARA (µg TE/100 mg)	156.76	161.86±4.61	3.25
Kesme işi (g.sn)	1000.00	1033.80±29.93	3.38
Duyusal beğeni düzeyi	7.28	7.70±0.54	5.77
	Optimizasyon-3		
Kırmızılık (*a değeri)**	10.31	10.84±0.13	5.14
TFM (mg GAE/100 g)	150.34	148.66±1.91	-1.12
ABTS-ARA (µg TE/100 mg)	185.68	192.10±2.42	3.46
Kesme işi (g.sn)	1054.23	1082.65±40.87	2.70
Duyusal beğeni düzeyi	7.33	7.48±0.54	2.05

**: Kesme işi (Work of Shear); TFM: Toplam fenolik madde; ABTS-ARA: ABTS antiradikal aktivite

4.3.2 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Çeşitli Özellikleri

Şekil 4.3'de geleneksel pastırma çemeni ve optimize formülasyonlar kullanılarak üretilen çemenlere ait görseller sunulmuştur.



Şekil 4.3 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerine ait Görseller

4.3.2.1 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Temel Bileşim Unsurları

Kontrol ve optimize pastırma çemenlerinin temel bileşim unsurları (nem, protein, yağ, kül) Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çemen formülasyonlarına siyah sarımsak dahil edilmesi nem içeriğinde azalma ile sonuçlanmıştır. Bu azalma, siyah sarımsağın taze sarımsağa kıyasla düşük nem içeriği ile ilişkilidir (Çizelge 4.3). En düşük ($P<0.05$) nem içeriği Ç3 örneğinde, en yüksek ($P<0.05$) değerler ise istatistiksel olarak benzer ($P>0.05$) nem içeriklerine sahip Kontrol ve Ç1 gruplarında belirlenmiştir. Benzer şekilde, formülasyonda kırmızı kino unu ve siyah sarımsak oranı arttıkça çemenlerin protein içeriği azalmıştır ($P<0.05$). Kırmızı kinoa unu ticari çemen ununa kıyasla daha düşük protein ve daha yüksek yağ ve kül içeriğine sahiptir (Çizelge 4.1). Bu nedenle, formülasyonda kırmızı kinoa unu oranı arttıkça çemenlerin protein içeriğinde azalma, yağ içeriğinde ise artış meydana gelmiştir. Temel bileşim unsurlarında meydana gelen değişimler, kuru ağırlık üzerinden hesaplanan değerlerden de net olarak görülmektedir. Literatürde pastırma çemenlerinin kimyasal kompozisyonu ile ilgili çalışma oldukça sınırlıdır. Yağ içeriği bulguları, Ahhmed ve ark. (2017)'den düşüktür. Nem içeriği sonuçları, Turan ve Şimşek (2022) ile uyumlu Aksu ve ark. (2020a)'dan ise düşüktür. Bu farklılıklar, su başta olmak üzere formülasyondaki bileşenlerin farklı oranlarından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.12 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Temel Bileşim Unsurları

	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Kontrol	62.34±0.98[a]	9.07±0.15[a] (24.08±0.39[a])	1.13±0.05[b] 3.06±0.12[b]	1.43±0.01[a] (3.79±0.01[a])
Ç1	62.16±0.23[a]	8.12±0.02[b] (21.46±0.05[b])	1.42±0.12[b] (3.80±0.31[b])	1.39±0.02[b] (3.68±0.05[b])
Ç2	59.27±0.59[b]	7.19±0.05[c] (17.65±0.11[c])	2.16±0.18[a] (5.38±0.45[a])	1.35±0.02[c] (3.31±0.04[c])
Ç3	55.40±0.22[c]	6.33±0.11[d] (14.19±0.25[d])	2.49±0.13[a] (5.81±0.30[a])	1.41±0.01[ab] (3.16±0.01[d])

*Parantez içerisinde verilen değerler kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

[a-d] Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.3.2.2 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin pH ve Renk Değerleri

Çizelge 4.13'de kontrol ve optimize pastırma çemenlerinin pH ve renk değerleri verilmiştir. Pastırma çemenine siyah sarımsak ilavesi pH değerlerini önemli ölçüde azaltmış ve bu azalmanın artan konsantrasyona bağlı olduğu gözlenmiştir (P<0.05). En düşük ve en yüksek pH değerleri sırasıyla Ç3 ve Kontrol çemen gruplarında belirlenmiştir (P<0.05). pH'daki bu azalma özellikle siyah sarımsağın taze sarımsağa göre daha düşük pH'sına (Çizelge 4.3) atfedilebilir. Benzer şekilde, siyah sarımsak kulanarak üretilen pastırma çemenlerinde, kullanılan siyah sarımsağın olgunlaşma süresi ve konsantrasyona bağlı olarak çemen pH'sının azaldığı tespit edilmiştir (Turan ve Şimşek, 2022a, 2022b). Çemen formülasyonunda kullanılan bileşenlerin asitliğine göre çemen pH'sı da değişmektedir. Kontrol çemen için pH değerleri, önceki bazı çalışmalarla (Aksu ve ark., 2020b, 2023) uyumlu iken Yetim ve ark. (2017)'ye kıyasla yüksektir. Önceki bazı çalışmalarda, farklı meyve ve sebze ekstraktları, meyve suyu ve katkı maddeleri ile üretilen çemenlerin pH değerinde önemli azalma olduğu bildirilmiştir (Yetim ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2020c, 2021, 2023). Bununla birlikte, pH'sı 6.67 olan kırmızı pancar su ekstaktı ile hazırlanan çemenlerin pH değerlerinin arttığı saptanmıştır (Aksu ve ark. 2020a). Ayrıca, antosiyanin bazlı doğal renklendirici ilave edilerek üretilen çemenlerde, pH azaldıkça kırmızılığın arttığı ve pH 5.0'ın arzu edilen kırmızılığın oluşumu ve stabilitesi için eşik değer olduğu belirlenmiştir (Aksu ve ark. 2020b). Bu bağlamda, mevcut çalışmadaki siyah sarımsak kullanılarak üretilen çemenlerin asidik pH'sı, antosiyaninler gibi pH'ya bağlı renk sergileyen ve asidik şartlarda kırmızılık sunan doğal renk pigmentleri ile üretilen pastırma çemenlerinde arzu edilen kırmızılığa katkı sunabilir.

Çizelge 4.13 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin pH ve Renk Değerleri

	pH	*L**	*a**	*b**	*Kroma*	*Hue açısı°*
Kontrol	5.92±0.02[a]	47.60±0.64[a]	12.92±0.08[a]	20.69±0.35[a]	24.39±0.25[a]	58.00±0.60[a]
Ç1	5.84±0.01[b]	46.34±0.58[a]	13.05±0.10[a]	20.56±0.14[a]	24.35±0.16[a]	57.60±0.20[a]
Ç2	5.25±0.01[c]	40.21±0.27[b]	11.88±0.20[b]	18.65±0.19[b]	22.11±0.24[b]	57.50±0.31[a]
Ç3	4.86±0.01[d]	37.36±0.88[c]	10.84±0.13[c]	14.75±0.18[c]	18.31±0.22[c]	53.69±0.17[b]

[a-d] Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çemen rengi, tüketicilerin pastırma satın alırken algıladıkları ilk renk olduğu için pastırmanın kabulü için önemli bir kalite kriteridir. Çemenin renk kalitesi ise formülasyondaki acı ve tatlı kırmızı biberin kalitesi ve miktarı ile ilgilidir. Düşük kaliteli ve yetersiz miktarda kırmızı biber kullanımı çemenin rengini olumsuz etkilemektedir (Aksu ve ark., 2020c, 2021). Dahası, yüksek kalitede kırmızı biber kullanılsa bile istenilen rengin muhafaza edilemediği, bu nedenle, pastırmanın renk özelliklerini geliştirmek ve albenisini artırmak için çemen üretiminde sentetik ve/veya böcek bazlı (karmin) boyaların kullanıldığı bildirilmiştir (Yetim ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2021). Bu bağlamda, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği (Anonim, 2023) pastırmanın yenilebilir dış kaplamalarında (çemen) karmin, riboflavin ve kurkumin gibi renklendiricilerin kullanımına izin vermiştir ve pastırma üretiminde çoğunlukla karmin kullanılmaktadır. Ancak, karmin böcek bazlı bir boyadır ve sağlığa olumsuz etkileri ve dini açıdan helal statüsüne ilişkin endişeler nedeniyle tüketiciler tarafından şüpheli olarak değerlendirilmektedir (Müller Maatsch ve Gras, 2016; Karahalil, 2020). Son yapılan çalışmalarda, doğal kaynaklı renklendiricilerin kullanımı önerilmiş, çemen ve pastırmanın renk özelliklerinin, renk stabilitesinin, antioksidan potansiyelinin ve duyusal kabul edilebilirliğinin doğal renklendiriciler ve katkı maddeleri kullanılarak geliştirilebileceği ortaya konmuştur. Ayrıca, antioksidan kapasitesi yüksek doğal katkı maddeleri ile üretilen çemenlerin oksidatif reaksiyonları geciktirerek pastırmanın kesit yüzey renk değerlerini önemli ölçüde geliştirdiği bildirilmiştir (Yetim ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2020b; 2021, 2022, 2023).

Çizelge 4.13'de görüldüğü üzere, yalnızca taze sarımsağın kullanıldığı Kontrol ve Ç1 gruplarında, *L**, *a**, *b**, kroma ve hue açısı değerleri arasında anlamlı farklılık yoktur (P>0.05). Bu durum, çemen unu karışımlarında düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu kullanımının çemenin renk değerlerini önemli etkilemediğini göstermiştir. Bununla birlikte, siyah sarımsak dahil edilen kırmızı kinoa unu ağırlıklı çemen

formülasyonları ile üretilen çemenlerin *L**, *a**, *b**, kroma ve hue açısı değerleri kontrole kıyasla azalmıştır (P<0.05). Renk değerlerindeki azalma, özellikle %100 siyah sarımsak ve %100 kırmızı kinoa unu ile üretilen Ç3 örneğinde daha belirgindir (P<0.05). Un ve sarımsak örneklerinin enstrümental renk değerleri dikkate alındığında (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3), kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak ticari çemen unu ve taze sarımsağa kıyasla daha yüksek kırmızılık (*a**) değerlerine sahip olmasına rağmen, daha düşük parlaklık (*L**) değerleri çemenlerin renk değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, Şekil 4.3'deki görsel ve duyusal değerlendirme sonuçları dikkate alındığında, optimize Ç2 formülasyonu (%50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsak; %30.6 Ticari çemen unu + %69.4 Kırmızı kinoa unu) ile üretilen çemenlerin renklerinin kabul edilebilir düzeyde olduğu ifade edilebilir. Ayrıca, geleneksel pastırma çemenlerinin depolama boyunca düşük renk stabilitesi düşünüldüğünde (Aksu ve ark., 2020b), siyah sarımsak ve kırmızı kinoa sahip oldukları antioksidan kapasite ile daha yüksek renk stabilitesi sağlayabilir. Turan ve Şimşek (2022b) taze sarımsak yerine farklı konsantrasyonlarda (%10-20) siyah sarımsak kullanarak üretilen çemenlerde, siyah sarımsak konsantrasyonu arttıkça *L** (32.83'den 22.88'e), *a**(14.82'den 4.27'e) *b** (12.62'den 3.15'e) değerlerinin azaldığını tespit etmiştir. Aksu ve ark. (2020a, 2020c, 2021, 2023) farklı meyve ve sebze ekstraktları (kırmızı lahana, ahududu, nar, kırmızı pancar) ile üretilen çemenlerin *L** ve *b** değerlerinin azaldığını, *a** değerlerinin ise arttığını bildirmiştir.

4.3.2.3 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Antioksidan Kapasitesi

Kontrol ve optimize pastırma çemenlerinin antioksidan kapasite özellikleri Çizelge 4.14'de verilmiştir. Beklendiği gibi, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı pastırma çemenlerinin TFM içeriği ve antioksidan aktivite değerlerinde artış ile sonuçlanmıştır. Ç2 ve Ç3 formülasyonları ile üretilen çemenlerin TFM içeriği (1.5-2 kat), DPPH-ARA (1.6-2.2 kat), ABTS-ARA (1.22-1.45 kat) ve FRAP (1.45-1.82 kat) değerlerinde kontrole kıyasla önemli artış meydana gelmiştir (P<0.05). TFM içeriği (1.4-1.7 kat), DPPH-ARA (1.5-1.9 kat), ABTS-ARA (1.13-1.23 kat) ve FRAP (1.34-1.54 kat) değerlerinde kontrole kıyasla artışlar kuru ağırlık üzerinden hesaplanan sonuçlara göre de belirgindir (P<0.05).

Çemenlerin biyoaktif özelliklerindeki bu artış, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa ununun, taze sarımsak ve diğer unlara kıyasla daha yüksek TFM içeriği ve antioksidan aktivite değerlerine (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3) atfedilebilir. En yüksek TFM içeriği, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP değerleri Ç3 örneğinde, en düşük değerler ise Kontrol ve Ç1 gruplarında belirlenmiştir ($P<0.05$). Bununla birlikte, çemen unu karışımlarında düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu kullanılarak üretilen Ç1 örneğinin biyoaktif özellikleri Kontrol gruba benzerdir ($P>0.05$). Kontrol çemen için TFM içerik ve antioksidan aktivite bulguları, Turan ve Şimşek (2022a) ile benzer, Aksu ve ark. (2020b, 2020c, 2023) tarafından bildirilen değerlerden düşüktür. Mevcut bulgular ile uyumlu olarak, Turan ve Şimşek (2022a) farklı sürelerde olgunlaştırılan siyah sarımsakların pastırma çemeni üretiminde kullanımının TFM içeriği ve antioksidan kapasiteyi artırarak biyoaktif özellikleri geliştirdiğini, en fazla artışın 21 gün olgunlaştırılan siyah sarımsaklar ile üretilen çemenlerde meydana geldiğini belirlemiştir. Ayrıca araştırmacılar, çemenlerin TFM içeriği ve antioksidan aktiviteleri arasında yüksek pozitif korelasyon olduğunu belirlemiştir. Bir diğer çalışmada, farklı konsantrasyonlarda siyah sarımsak ilavesi ile çemenlerin TFM, FRAP, DPPH-ARA ve ABTS-ARA değerlerinin sırasıyla %27.09-38.02, %15.65-24.82, %56.43-118.91 ve %32.43-51.37 arasında arttığı tespit edilmiştir (Turan ve Şimşek, 2022b). Benzer şekilde, antosiyanin ve betalain açısından zengin meyve-sebze ekstraktlarının pastırma çemen formülasyonuna dahil edilmesi ile TFM içeriğin ve antioksidan kapasitenin önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020b, 2020c, 2023).

Çizelge 4.14 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Antioksidan Kapasitesi

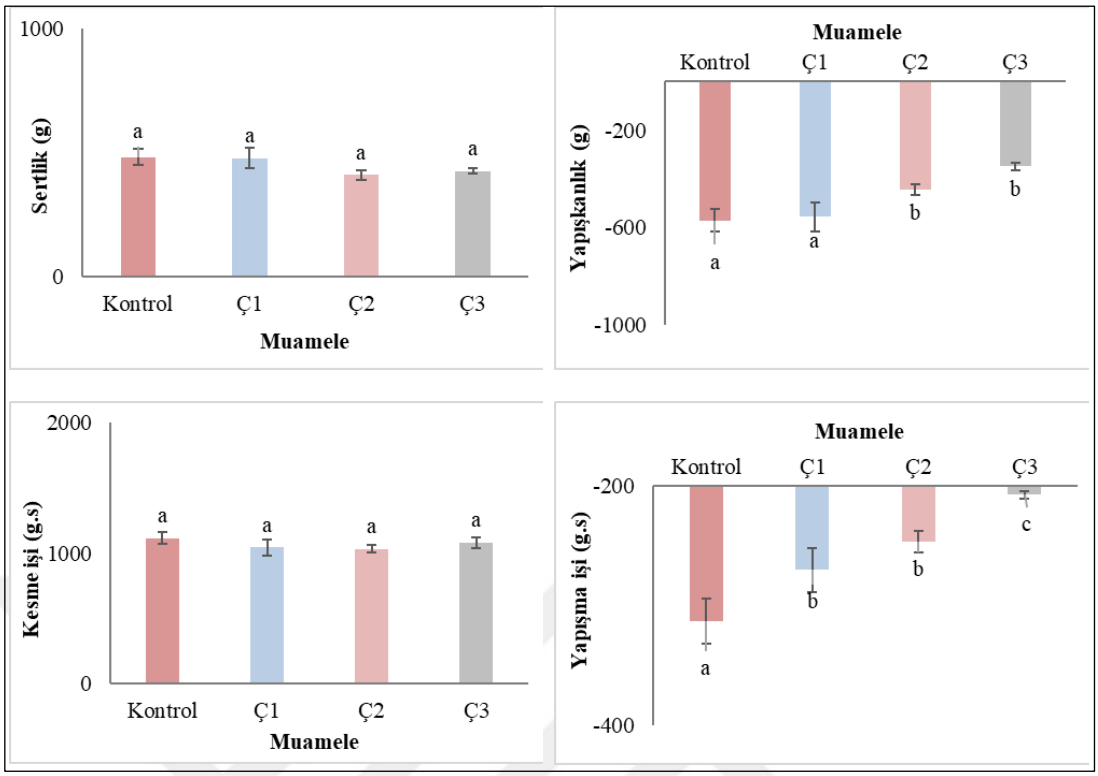
	TFM (mg GAE/100 g)	**DPPH-ARA (µg TE/100 mg)**	**ABTS-ARA (µg TE/100 mg)**	**FRAP (µg TE/100 mg)**
Kontrol	74.86 ± 0.29^{c} (198.79 ± 0.76^{c})	48.08 ± 4.05^{c} (127.66 ± 10.75^{c})	132.07 ± 4.24^{c} (350.68 ± 11.27^{c})	44.09 ± 1.95^{c} (117.07 ± 5.17^{c})
Ç1	75.82 ± 0.71^{c} (200.36 ± 1.87^{c})	52.57 ± 5.32^{c} (138.93 ± 14.05^{c})	135.69 ± 4.12^{c} (358.60 ± 10.90^{c})	46.20 ± 2.05^{c} (122.10 ± 5.42^{c})
Ç2	113.25 ± 0.57^{b} (278.04 ± 1.39^{b})	78.92 ± 1.42^{b} (193.77 ± 3.50^{b})	161.86 ± 4.61^{b} (397.39 ± 11.32^{b})	63.88 ± 2.68^{b} (156.83 ± 6.58^{b})
Ç3	148.66 ± 1.91^{a} (333.31 ± 4.28^{a})	106.62 ± 1.37^{a} (239.06 ± 3.07^{a})	192.10 ± 2.42^{a} (430.72 ± 5.43^{a})	80.20 ± 4.08^{a} (179.81 ± 9.16^{a})

*Parantez içerisinde verilen değerler kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

$^{a-d}$ Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

4.3.2.4 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Tekstürel Özellikleri

Kontrol ve optimize formülasyonlar kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin sertlik, yapışkanlık, kesme işi ve yapışma işi parametrelerine ait tekstür analiz sonuçları Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Sertlik ve kesme işi parametreleri ile yayılabilirlik arasında zıt bir ilişki söz konusudur. Kesme işlemini gerçekleştirmek için gereken toplam kuvvet miktarını temsil eden daha küçük bir alan (kesme işi), daha yumuşak bir yayılma ve dolayısıyla daha yüksek bir sürülebilirlik anlamına gelmektedir (Shakerardekani ve ark., 2013; Nikolić ve ark., 2014). Çemenlerin sırasıyla 410.4-481.6 ve 1033.8-1115.1 aralığında belirlenen sertlik (g) ve kesme işi (g.sn) değerleri arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur ($P>0.05$). Optimizasyon sırasında sürülebilirlik için hedef değer belirlendiğinden dolayı pastırmaya uygulanabilirlik açısından kontrol ve optimize çemenlerin benzer sürülebilirlik özelliğine sahip olması beklenen bir durumdur. Diğer taraftan, yapışkanlık (g) değerleri -346.55 ile -569.54 arasında belirlenmiş olup, en düşük ($P<0.05$) değerler siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu ağırlıklı Ç2 ve Ç3 gruplarında belirlenmiştir. Benzer eğilim, yapışma işi (g.sn) değerleri için de gözlenmiş en düşük ve yüksek değerler sırasıyla Ç3 ve Kontrol çemenlerde belirlenmiştir ($P<0.05$). Çemen formülasyonundaki un karışımlarında düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu kullanımının çemenin yapışkanlık özellikleri üzerine etkisinin sınırlı olduğu, bununla birlikte artan kırmızı kinoa unu konsantrasyonunun yapışkanlığı azalttığı saptanmıştır. Başka bir ifadeyle, mevcut çalışmadaki kontrol ve optimize pastırma çemenleri benzer sürülebilirlik özelliklerine sahip olmasına rağmen, özellikle yüksek oranda kırmızı kinoa unu kullanılan çemenlerde yapışkanlık özelliğinin azaldığı belirlenmiştir. Tekstürel analiz bulguları, çemen formülasyonunda taze sarımsağa ikame olarak farklı sürelerde olgunlaştırılmış veya farklı konsantrasyonlardaki siyah sarımsak kullanımı ile kontrole kıyasla sertlik, kesme işi, yapışkanlık ve yapışma işi değerlerinin azaldığını bildiren Turan ve Şimşek (2022a, 2022b) ile tutarlıdır.



Şekil 4.4 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Tekstürel Özellikleri

[a-c] Çubuk grafikteki farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki anlamlı farklılığı gösterir ($P<0.05$).

4.3.2.5 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Toplam Gluten İçeriği

Teknolojik ve duyusal sebeplerden dolayı pastırma üretiminde kullanılan çemen unlarının saf olmayıp genellikle buğday ve burçak unu ile birlikte bir karışım halinde olması (Doğruer ve ark., 1998; Tekinşen ve Doğruer, 2000) gluten hassasiyeti olan çölyak hastaları veya buğday alerjisine sahip kişiler için pastırma tüketimini sınırlandırmaktadır (Anonim, 2024a). Bu problemin üstesinden gelebilmek için pastırma birçok et ürünleri üreticisi tarafından "çemeni sıyrılmış pastırma" şeklinde tüketiciye sunulmaktadır (Anonim, 2024b, 2024c, 2024d, 2024e). Hatta bazı şirketler çemeni sıyrılmış pastırma ambalajlarına "gluten içermez" ibaresi ekleyerek çölyak hastaları için de ürün çeşitliliği sağlamaya çalışırken (Anonim, 2024b, 2024f), bazı firmalar ise çemeni sıyrılmış pastırmada bile gluten içerebilir ibaresine yer vererek tüketicilere alerjen uyarısında bulunmaktadır (Anonim, 2024g). Bu durum, gluten hassasiyetine sahip kişiler için sağlık riski oluşturmaktadır. Literatürde, pastırma çemen unları, pastırma çemeni ve pastırmanın toplam gluten içeriğinin araştırıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda, mevcut araştırma sonuçları oldukça önemlidir.

Kontrol ve optimize formülasyonlar kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin toplam gluten (ppm) içerikleri Çizelge 4.15'de görülmektedir. Formülasyonlarda ticari çemen ununa ikame olarak kırmızı kinoa unu kullanımı, çemenlerin toplam gluten içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu durum, çemen formülasyonunda toplam gluten içeriği 49.93 ppm olan ticari çemen ununa ikame olarak glutensiz kırmızı kinoa unu kullanımından dolayı beklenen bir sonuçtur. En yüksek toplam gluten içerik 27.44 ppm olarak Kontrol çemenlerde belirlenirken, formülasyonlardaki kırmızı kinoa unu oranındaki artışa bağlı olarak kademeli azalma göstermiştir ($P<0.05$). Formülasyonunda düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu kullanılan optimize Ç1 örneğinde toplam gluten içerik %22.08 azalırken, optimize Ç2 formülasyonu (%30.6 Ticari çemen unu + %69.4 Kırmızı kinoa unu) ile üretilen çemenlerde bu azalma %73.76 seviyesinde gerçekleşmiştir. %100 kırmızı kinoa ununun kullanıldığı Ç3 grubunda ise toplam gluten içeriği tespit edilebilir sınırın (<5 ppm) altındadır.

Çizelge 4.15 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Toplam Gluten İçerikleri

Muamele	Toplam Gluten (ppm)
Kontrol	27.44 ± 0.25^{a}
Ç1	21.38 ± 1.13^{b}
Ç2	7.20 ± 0.43^{c}
Ç3	$<5.00^{d}$

[a-d] Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Gluten içeriği <20 ppm olan numuneler glutensiz olarak kabul edilmiştir (Lacorn ve ark., 2019). Bu sonuçlara göre, Ç2 ve Ç3 çemen gruplarının kabul edilebilir düzeyden (20 ppm) oldukça düşük toplam gluten içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, piyasada farklı firmalara ait çok sayıda çemen unu karışımları olduğu ve üretilen pastırma çemenlerinin nem içeriklerindeki farklılıklar (Ahhmed ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2020a; Turan ve Şimşek, 2022a) göz önüne alındığında, mevcut sonuçlar ticari çemen unu kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin gluten hassasiyeti olan ve çölyak hastaları için risk teşkil edebileceğini göstermiştir.

4.3.2.6 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Amino Asit Kompozisyonu

Kontrol ve optimize pastırma çemenlerinin amino asit kompozisyonu Çizelge 4.16'da verilmiştir. Glutamik Asit ve serin amino asitleri açısından Kontrol çemenlerin zengin olduğu ($P<0.05$), formülasyona düşük oranda kırmızı kinoa unu dahil edilen edilen Ç1 grubunda alanin, izolösin, lösin ve treonin miktarının Kontrol örneğe kıyasla arttığı belirlenmiştir ($P<0.05$). En düşük ($P<0.05$) lösin miktarı Kontrol grupta belirlenmiş olup, diğer çemenlerin benzer ($P>0.05$) değerler aldığı saptanmıştır. Öte yandan, en yüksek ($P<0.05$) glisin miktarı formülasyonunda kırmızı kinoa unu ağırlıklı ve eşit oranda taze/siyah sarımsak içeren Ç2 örneğinde tespit edilmiştir. Formülasyonda %100 kırmızı kinoa unu ve %100 siyah sarımsak kullanılarak üretilen Ç3 çemenlerde ise, arginin, histidin, lizin, metiyonin, fenilalanin, prolin, tirozin ve valin miktarının diğer gruplara kıyasla daha yüksek ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.16 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin Amino Asit Kompozisyonu (g/100 g protein)

Amino asit	Kontrol	Ç1	Ç2	Ç3
Alanin	3.73±0.01^{c}	4.16±0.01^{a}	3.42±0.01^{d}	3.86±0.01^{b}
Arginin	9.21±0.01^{d}	9.94±0.01^{b}	9.56±0.01^{c}	9.96±0.01^{a}
Aspartik Asit	11.7±0.01^{c}	9.73±0.02^{d}	11.94±0.08^{b}	14.5±0.04^{a}
Fenilalanin	5.69±0.18^{c}	6.3±0.01^{b}	6.48±0.07^{b}	7.31±0.03^{a}
Glisin	8.44±0.07^{c}	9.81±0.10^{b}	10.44±0.05^{a}	3.49±0.01^{d}
Glutamik Asit	19.23±0.02^{a}	17.68±0.03^{c}	17.65±0.01^{c}	18.56±0.16^{b}
Histidin	2.06±0.01^{b}	1.99±0.01^{c}	2.07±0^{b}	2.23±0.01^{a}
İzolösin	2.66±0.01^{b}	3.00±0.01^{a}	2.10±0.01^{d}	2.51±0.02^{c}
Lizin	8.87±0.01^{b}	8.13±0.01^{c}	7.65±0.01^{d}	9.10±0.01^{a}
Lösin	7.77±0.01^{b}	7.95±0.01^{a}	7.96±0.01^{a}	7.96±0.02^{a}
Metiyonin	0.95±0.01^{c}	0.72±0.01^{d}	1.17±0.01^{b}	1.48±0.01^{a}
Ornitin	0±0	0±0	0±0	0±0
Prolin	5.70±0.01^{c}	6.12±0.01^{b}	5.71±0.01^{c}	6.24±0.01^{a}
Serin	3.82±0.01^{a}	2.96±0.03^{b}	1.66±0.01^{c}	0.76±0.01^{d}
Sistin	0±0	0±0	0±0	0±0
Tirozin	3.30±0.01^{c}	3.49±0.04^{b}	3.54±0.03^{b}	3.73±0.01^{a}
Treonin	2.26±0.01^{c}	2.44±0.01^{a}	2.39±0.01^{b}	1.14±0.01^{d}
Valin	4.66±0.03^{d}	5.61±0.09^{c}	6.33±0.01^{b}	7.21±0.02^{a}
EA	34.90±0.22^{c}	36.11±0.09^{b}	36.14±0.06^{b}	38.92±0.02^{a}
NEA	65.10±0.06^{a}	63.87±0.14^{b}	63.89±0.11^{b}	61.09±0.08^{c}
EA/TA (%)	34.9±0.17^{c}	36.12±0.11^{b}	36.12±0.01^{b}	38.92±0.04^{a}
EA/NEA (%)	53.61±0.39^{c}	56.54±0.26^{b}	56.56±0.01^{b}	63.71±0.11^{a}
PER_1	2.59±0.01^{c}	2.65±0.01^{ab}	2.68±0.01^{a}	2.65±0.01^{b}
PER_2	2.71±0.01^{b}	2.77±0.01^{a}	2.77±0.01^{a}	2.75±0.01^{a}
PER_3	1.87±0.01^{b}	1.83±0.03^{b}	1.99±0.03^{a}	1.99±0.01^{a}

EA: Esansiyel amino asit; NEA: Esansiyel olmayan amino asit; TA: Toplam amino asit

^{a,d} Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Bu sonuçlar, ticari çemen unu ile kırmızı kinoa ununun ve taze sarımsak ile siyah sarımsağın amino asit profili arasındaki farklılığın pastırma çemen formülasyonuna büyük ölçüde yansıdığını göstermiştir. Özellikle, kırmızı kinoa ununda ticari çemen ununa kıyasla düşük miktarlarda belirlenen aspartik asit, glutamik asit, lizin ve metiyonin içeriklerine rağmen (Çizelge 4.2), formülasyonda kırmızı kinoa ununun yüksek oranda kullanıldığı Ç2 ve Ç3 örneğinde bu amino asitlerin miktarındaki artış, siyah sarımsağın taze sarımsağa kıyasla daha yüksek miktarda aspartik asit, glutamik asit, lizin ve metiyonin içermesine (Sasaki ve ark., 2007; Choi ve ark., 2014; Quan ve ark., 2020) atfedilebilir.

Pastırma çemen formülasyonlarında kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak kullanımı çemenlerin esansiyel amino asit (EA) içeriğini Kontrol gruba kıyasla önemli ($P<0.05$) düzeyde artırmıştır. En yüksek ve en düşük EA içerikler sırasıyla Ç3 ve Kontrol çemen örneklerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Protein etkinlik oranı (PER) değerleri incelendiğinde, optimize çemenlerin PER değerlerinin Kontrol çemene nazaran arttığı, Ç2 örneğinin en yüksek ($P<0.05$) PER değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Optimize çemenlerin PER_2 değerlerinin benzer ($P>0.05$) olduğu, PER_3 açısından ise Kontrol ile Ç1 ve Ç2 ile Ç3 grupları arasında anlamlı farklılığın olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

4.3.2.7 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Uçucu Bileşik Profili

Kontrol ve optimize pastırma çemenlerinin HS-SPME/GC-MS ile kalitatif olarak belirlenen uçucu bileşik profili Çizelge 4.17 ve Şekil 4.5'de verilmiştir. Sarımsak örneklerinde aldehitler, alkoller, asitler, esterler, furanlar, kükürtlü bileşikler, ketonlar ve diğer bileşikler olarak kategorize edilen toplam 54 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Beklendiği gibi, formülasyonda sarımsak kaynağı olarak yalnızca taze sarımsak kullanılan Kontrol ve Ç1 gruplarında uçucu bileşik profilinin sırasıyla %87.1 ve %88.2'sini oluşturan sülfürlü bileşiklerin hakim olduğu, bunu aldehitler (%5.4-7.6), asitler (%2.1-2.3) ve alkollerin (%1.7-2.4) izlediği belirlenmiştir. Öte yandan, sülfürlü bileşik konsantrasyonu, pastırma çemeni formülasyonunda kullanılan siyah sarımsak seviyesi arttıkça azalmış, Ç2 ve Ç3 muamele gruplarında sırasıyla %81.5 ve %26.6 olarak tespit edilmiştir. Siyah sarımsaklı Ç2 ve Ç3 örneklerinde, özellikle dialil disülfür, alil metil sülfür, alil mercaptan, ve alil metil disülfür gibi rahatsız edici taze sarımsak kokusundan sorumlu olan bileşiklerin konsantrasyonları

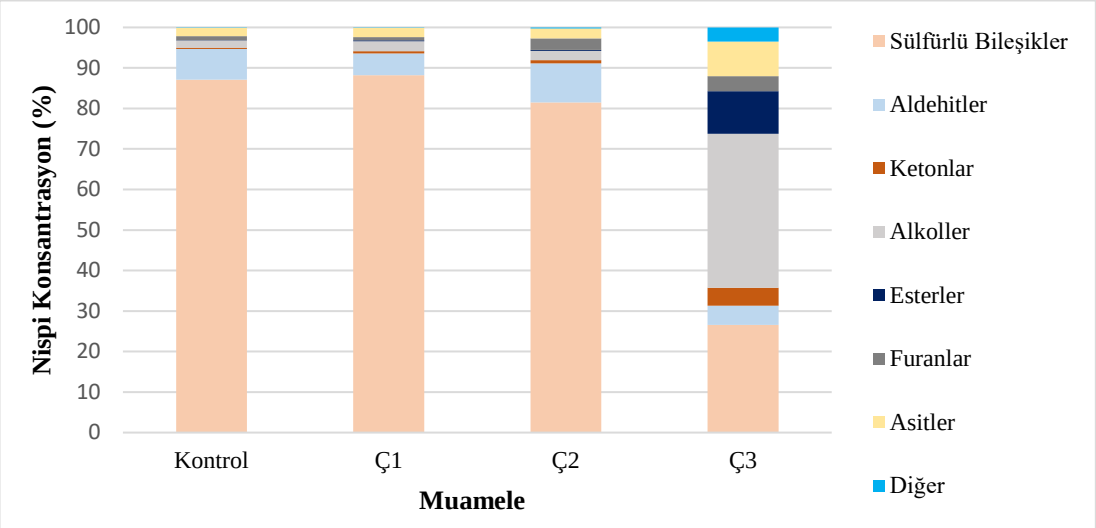
Kontrol ve Ç1 gruplarına kıyasla azalmıştır. Bu durum, taze sarımsağa kıyasla bu bileşiklerin siyah sarımsaktaki düşük nispi konsantrasyonlarına bağlanabilir (Çizelge 4.4; Şekil 4.2)

Çizelge 4.17 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili (%Alan)

	Uçucu Bileşik	**Kontrol**	**Ç1**	**Ç2**	**Ç3**
	Kükürt içeren bileşikler				
1	Metantiyol (Metil merkaptan)	0.03	0.03	0.03	0.03
2	Propen sülfür (Metiltiiran)	0.13	0.17	0.10	0.14
3	Alil merkaptan	0.05	0.06	0.03	0.04
4	Alil metil sülfit	0.13	0.10	0.09	0.22
5	Dimetil disülfit	0.18	0.12	0.11	0.14
6	Tiyolan (Tetrahidrotiyofen)	0.34	0.48	0.28	0.00
7	Dialil sülfit	0.56	0.54	0.72	9.13
8	(Z)-Alil propenil sülfan	0.09	0.11	0.06	0.06
9	(E)-Alil propenil sülfan	0.23	0.22	0.09	0.01
10	3,4-Dimetiltiyofen	0.60	0.84	0.32	0.46
11	Alil metil disülfit	1.87	1.64	1.08	0.58
12	Dimetil trisülfit	2.32	1.81	1.20	0.31
13	1,2-ditiyol	1.40	1.84	0.95	0.55
14	Dialil disülfit	23.61	20.85	16.92	9.12
15	Alil (E)-1-Propenil disülfit	6.86	7.06	6.39	0.43
16	Alil (Z)-1-Propenil disülfit	17.53	10.25	15.74	1.20
17	Alil metil trisülfit	31.13	42.07	37.32	3.74
18	Karbon disülfit	0.01	0.02	0.02	0.03
19	Bütil merkaptan (1-Butanetiol)	0.00	0.00	0.02	0.35
	Alkoller				
20	Metanol	0.77	1.02	1.03	7.60
21	Etanol	0.06	0.11	0.08	23.91
22	2-Propen-1-ol (Alil alkol)	0.80	1.23	0.77	0.01
23	Pentanol	0.02	0.02	0.02	0.68
24	2-Furanmetanol (Furfuril alkol)	0.02	0.06	0.38	5.78
	Aldehitler				
25	Asetaldehit	2.05	1.31	1.19	2.73
26	2-Propenal (Akrolein)	0.05	0.04	0.03	0.00
27	2-bütenal	3.09	2.36	0.85	0.04
28	Pentanal	0.07	0.06	0.07	0.01
29	Hekzanal	2.19	1.24	2.09	0.36
30	Furfural	0.11	0.31	4.84	1.25
31	Heptanal	0.03	0.03	0.03	0.32
32	5-Metil-2-furaldehit (5-metilfurfural)	0.02	0.04	0.57	0.09
	Asitler				
33	Formik asit	0.00	0.00	0.06	3.91
34	Asetik asit	0.22	0.60	1.55	3.68
35	Propanoik asit	0.07	0.05	0.04	0.16
36	2-Metil-propanoik asit (izobütanoik/izobütirik asit)	0.00	0.00	0.00	0.18
37	Bütanoik asit	0.00	0.00	0.01	0.58
38	İzovalerik asit (3-metilbütanoik asit)	0.00	0.02	0.03	0.00
39	Heksanoik asit	1.80	1.60	0.74	0.05

Çizelge 4.17 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili (%Alan) **(devamı)**

	Uçucu Bileşik	Kontrol	Ç1	Ç2	Ç3
	Esterler				
40	Metil asetat	0.11	0.20	0.26	1.37
41	Metil tiyolasetat	0.00	0.00	0.00	0.86
42	1,2-Propandiol, 1-asetat	0.01	0.01	0.02	8.30
	Ketonlar				
43	Aseton (propanon)	0.03	0.02	0.02	0.02
44	Asetol (Hidroksiaseton)	0.01	0.03	0.29	0.03
45	Asetoin (3-hidroksibütanon)	0.26	0.48	0.41	4.36
46	2,3-Oktanedion	0.06	0.04	0.05	0.00
	Furanlar				
47	Dihidrometilfuran	0.68	0.48	0.32	0.07
48	2-Asetilfuran	0.08	0.15	1.92	1.55
49	2-Pentilfuran	0.21	0.20	0.57	1.72
50	Dihidro-2-metil-3-furanon	0.00	0.00	0.01	0.18
51	5-Metil-2(3H)-furanon	0.01	0.01	0.02	0.14
	Diğer bileşikler				
52	4,6-Dimetilpirimidin	0.03	0.05	0.11	1.29
53	2-Metildioksolan	0.00	0.00	0.01	0.06
54	2-Etil-6-metilpirazin	0.05	0.03	0.13	2.15



Şekil 4.5 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinde Uçucu Bileşiklerin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Nispi Konsantrasyonları

Pastırma çemeni ağırlıklı olarak çemen tohumu unu ve taze sarımsak kaynaklı aroma bileşikleri içerir. Bununla birlikte, pastırma çemeninin uçucu bileşikleri üzerine çalışma oldukça sınırlıdır. Ayrıca, pastırma çemeninin uçucu bileşik profili için literatürdeki farklılıklar, çemen unu ve sarımsak başta olmak üzere çemen formülasyonunda kullanılan malzemelerin çeşidi, kalitesi, oran ve miktarındaki farklılıklardan kaynaklanabilir. Turan ve Şimşek (2022a) geleneksel pastırma

çemeninde hakim uçucu bileşikler olarak aromanın %84.3'ünü oluşturan diallil disülfür, diallil tetrasülfür, alil metil trisülfür, 2,4 dimetiltiyazol ve diallil trisülfür gibi sülfürlü bileşikleri bildirmiştir. Çemende aroma bileşiklerinin belirlendiği bir diğer çalışmada, ticari çemenlerde beş aldehit, iki alkol, bir ester, üç terpen, bir aromatik hidrokarbon ve dört kükürt bileşiği tanımlanmış ve kükürt içeren bileşiklerin çemende aromadan sorumlu olduğu belirlenmiştir (Ahhmed ve ark., 2017).

Pastırma çemeni formülasyonuna siyah sarımsak ilavesi ile çemenlerde furanlar, asitler, esterler ve alkollerin nispi konsantrasyonlarında artış meydana gelmiştir. Özellikle, %100 siyah sarımsak ve %100 kinoa unu içeren Ç3 örneğinde uçucu bileşik profilinin %26.6'sını sülfürlü bileşikler oluştururken, esterler (%10.5), asitler (%8.6), alkoller (%38), furanların (%3.7) uçucu bileşik profilindeki payı diğer çemen gruplarına kıyasla daha yüksek seviyelerde belirlenmiştir (Çizelge 4.17; Şekil 4.5).

Alkoller incelendiğinde, Ç2 ve Ç3 çemen gruplarında pentanol, etanol ve furfuril alkol konsantrasyonu kontrol gruba kıyasla artarken 2-propen-1-ol azalmıştır (Çizelge 4.17). Benzer şekilde, Turan ve Şimşek (2022a) kontrol grubunda çok düşük (%0.78) olan alkol konsantrasyonunun siyah sarımsak ilavesiyle arttığını (%13.64'e kadar), n-hekzanol, benzil alkol ve izoamil alkolün siyah sarımsaklı çemenlerde en çok bulunan alkoller olduğunu bildirmiştir. Bir diğer çalışmada, ticari çemenlerin uçucu bileşik profilinde yaklaşık %2.5 oranında alkol varlığı rapor edilmiştir (Ahhmed ve ark., 2017).

Aldehitler, amino asitlerin deaminasyonu veya transaminasyonu, Strecker bozunması, lipit oksidasyonu veya mikrobiyal aktivite ile oluşan bileşiklerdir (Tylewicz ve ark., 2017). Muamele grupları arasında en yüksek aldehit konsantrasyonu, uçucu bileşiklerinin toplam pik alanının %9.7'si ile Ç2 örneğinde belirlenmiş ve bu grupta hekzanal, 5-metilfurfural ve furfural baskın aldehitler olarak tanımlanmıştır. Turan ve Şimşek (2022a) geleneksel pastırma çemeninde hekzanal (%0.48), benzaldehit (%0.42), (E)-2-nonenal (%1.03), 4-izopropilbenzaldehit (%0.43), tridecanal (%1.23) ve 2-metil undekanal (%0.64) varlığını bildirmiştir. Aynı çalışmada, geleneksel pastırma çemeninde toplam pik alanının %4.23'ünü oluşturan aldehit konsantrasyonunu 7, 14, 21, 28 ve 35 gün olgunlaştırılan siyah sarımsaklar ile

üretilen çemenlerde ise sırasıyla %32.44, 7.34, 7.73, %10.71 ve %6.77 olarak belirlenmiştir. Ahhmed ve ark. (2017), ticari pastırma çemenlerinde hekzanal (%4.49), 2-metil-3-fenil-propanal (%21.22), hekzadekanal (%4.83), (E)-2-nonenal (%1.83) ve tridekanal (%1.05) olmak üzere beş aldehit tanımlamıştır. Ketonlar ile ilgili olarak, mevcut çalışmada kontrol ve optimize pastırma çemenlerinde aseton, hidroksiaseton, asetoin ve 2,3-oktanedion bileşikleri tanımlanmış ancak bu bileşiklerin çemenlerin uçucu bileşik profili üzerindeki etkisinin Ç3 grubu hariç düşük düzeyde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.17 ve Şekil 4.5'de görüldüğü üzere, ekşimsi lezzete katkı sunan asetik asit ve formik asitin nispi konsantrasyonları formülasyona siyah sarımsak dahil edilen pastırma çemenlerinde taze sarımsaklı çemenlere kıyasla daha yüksek iken hekzanoik asit içeriği azalmıştır. Buna göre, asitlerin %100 siyah sarımsak ve %100 kırmızı kinoa unu içeren Ç3 örneğinin uçucu bileşik profiline %8.6 oranında katkı sunduğu saptanmıştır.

Esterler, karboksilik asitlerin genellikle karbonhidrat fermantasyonundan veya amino asit katabolizmasından elde edilen alkollerle esterleşmesiyle oluşur. Meyvemsi veya çiçeksi aromalara sahip bu bileşiklerden bazıları, karşılık gelen alkollerinden yaklaşık 10 kat daha düşük algılama eşiklerine sahiptir (Tylewicz ve ark., 2017). Mevcut çalışmada, metil tiyolasetat ve 1,2-propandiol, 1-asetat bileşikleri Ç3 grubunun uçucu bileşik profiline diğer muamele gruplarına kıyasla daha yüksek düzeyde katkı sunmuştur. Benzer bir çalışmada, farklı sürelerde olgunlaştırılan siyah sarımsaklar kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinde ester içeriğin taze sarımsaklı kontrol grubuna (%1.96) kıyasla önemli ölçüde (%43.22'ye kadar) arttığı bildirilmiştir (Turan ve Şimşek, 2022a).

Furanlar, karbonhidratların ve amino asitlerin termal bozunması, maillard reaksiyonu, lipit oksidasyonu ve askorbik asit veya karotenoidlerin termal oksidasyonu gibi birçok yolla üretilebilmektedir (ben Hammouda ve ark., 2017). Mevcut çalışmada, pastırma çemenlerinde dihidrometilfuran, 2-asetilfuran ve 2-pentilfuran tanımlanmış olup, Kontrol ve Ç1 gruplarında uçucu bileşik profili için toplam pik alanının %0.8-1.0'i oluşturan furanların konsantrasyonu Ç2 ve Ç3 gruplarında sırasıyla %2.8 ve %3.7 olarak belirlenmiştir. Öte yandan, siyah sarımsağın

taze sarımsağa kıyasla daha yüksek dihidro-2-metil-3-furanon, 5-metil-2(3H)-furanon, 4,6-dimetilpirimidin ve 2-etil-6-metilpirazin konsantrasyonları (Çizelge 4.4) pastırma çemenlerine de yansımış, bu bileşikler en fazla Ç3 muamele grubunda belirlenmiştir. Turan ve Şimşek, (2022a) furan sınıfı bileşik tanımlanmayan taze sarımsaklı kontrol örneğinin aksine farklı sürelerde (7-35 gün) olgunlaştırılan siyah sarımsaklar kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinde %0.84-1.95 arasında değişen oranlarda 2-pentilfuran varlığı tespit etmiştir.

Bu sonuçlar, pastırma çemeni formülasyonuna siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu ilavesinin esterler, alkoller, ketonlar, asitler ve furanların içeriğini artırdığını ve kükürt içeren bileşiklerinin içeriğini azalttığını göstermiştir. Benzer şekilde, Turan ve Şimşek (2022a) pastırma çemen formülasyonunda taze sarımsağa ikame olarak farklı sürelerde (7-35 gün) olgunlaştırılan siyah sarımsak kullanımının esterler, terpenler, aldehitler, alkoller, ketonlar, uçucu fenoller ve furanların nispi içeriğini artırırken sülfürlü bileşiklerinin içeriğini azalttığını bildirmiştir. Bir diğer çalışmada, pastırma üretiminde geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak kullanılan miso macununda keskin kokudan sorumlu sülfürlü bileşikler tespit edilemezken, sekiz alifatik hidrokarbon, bir aldehit, iki alkol, dört ester ve bir asit dahil olmak üzere çeşitli aromatik bileşikler tanımlanmıştır (Ahhmed ve ark., 2017).

Kontrol ve optimize pastırma çemenlerinde uçucu bileşiklerin SIFT-MS ile belirlenen kantitatif konsantrasyonları (ppbv) Çizelge 4.18'de verilmiştir. HS-SPME/GC-MS bulgularıyla uyumlu olarak, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu ağırlıklı Ç2 ve Ç3 çemen gruplarında taze sarımsak ve ticari çemen unu bazlı Kontrol ve Ç1 örneklerine kıyasla sülfürlü bileşik miktarının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Ç2 ve Ç3 muamele gruplarında, özellikle sarımsağın güçlü keskin kokusundan sorumlu diallil disülfit (2777 ppbv'den 0 ppbv'ye), allisin (72 ppbv'den 0 ppbv'ye), alil metil disülfit (1484 ppbv'den 7 ppbv'ye), alil mercaptan (12745 ppbv'den 960 ppbv'ye) ve alil metil sülfit (18621 ppbv'den 253 ppbv'ye) içeriğin kontrole kıyasla önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak, en düşük sülfürlü bileşik miktarları Ç3 örneğinde belirlenmiş olup, Kontrol ve Ç1 gruplarının benzer içeriklere sahip olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, Ç3 örneğinde diğer pastırma çemenlerine kıyasla dimetil sülfit, metil merkaptan ve dimetil disülfit konsantrasyonları artış göstermiştir.

Çizelge 4.18 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinde Uçucu Bileşiklerin SIFT-MS ile Belirlenen Kantitatif Konsantrasyonları (ppbv)

Uçucu Bileşik	Kontrol	Ç1	Ç2	Ç3
Kükürt içeren bileşikler				
Metantiyol (Metil merkaptan)	94^{b}	33^{b}	26^{b}	209^{a}
Propen sülfür (Metiltiiran)	1501^{a}	1470^{a}	1058^{b}	294^{c}
Alil merkaptan	12745^{a}	14521^{a}	10166^{b}	960^{c}
Allisin	72^{a}	73^{a}	11^{a}	0^{b}
Alil metil sülfit	18621^{b}	28207^{a}	12897^{c}	253^{d}
Alil metil disülfit	1484^{a}	1478^{a}	321^{b}	7^{c}
Alil metil trisülfit	1026^{a}	1191^{a}	423^{b}	0^{c}
Dimetil sülfit	1450^{ab}	1214^{b}	1700^{ab}	1969^{a}
Dimetil disülfit	143^{b}	108^{b}	98^{b}	560^{a}
Dimetil trisülfit	422^{b}	791^{a}	108^{c}	20^{c}
Dialil sülfit	257^{ab}	393^{a}	253^{ab}	130^{b}
Dialil disülfit	2777^{a}	2136^{a}	520^{b}	0^{c}
Dialil trisülfit	1407^{a}	817^{b}	354^{bc}	0^{c}
1,2-ditiyol	1283^{a}	1191^{a}	572^{b}	259^{b}
2,5-Dimetiltiyofen	303^{a}	284^{a}	157^{a}	0^{b}
Hidrojen sülfür	1150^{a}	604^{b}	552^{b}	173^{c}
Alkoller				
Metanol	71701^{a}	75093^{a}	83400^{a}	80704^{a}
Etanol	5285^{b}	6081^{b}	5620^{b}	91400^{a}
2-Propen-1-ol (Alil alkol)	917^{a}	1027^{a}	487^{b}	38^{c}
Pentanol	344^{a}	263^{ab}	120^{b}	62^{b}
Propanol	925^{a}	798^{a}	679^{ab}	400^{b}
Oktenol (1-okten-3-ol)/ 2-asetilfuran	670^{b}	846^{b}	347^{b}	5076^{a}
Hekzanol	148^{a}	157^{a}	12^{a}	21^{a}
Hekzenol	89^{a}	69^{a}	49^{a}	5^{a}
Heptanol	48^{a}	66^{a}	52^{a}	0^{a}
2-Furanmetanol (Furfuril alkol)	0^{a}	7^{a}	0^{a}	18^{a}
Aldehitler				
Asetaldehit	90064^{b}	109942^{a}	81435^{b}	9193^{c}
2-Propenal (Akrolein)	901^{a}	798^{a}	533^{ab}	11^{b}
2-bütenal	860^{a}	781^{a}	287^{b}	98^{b}
Pentanal	205^{a}	220^{a}	145^{a}	27^{b}
Metilbutanal	222^{a}	239^{a}	157^{a}	29^{b}
Hekzanal	2138^{a}	1899^{a}	835^{b}	644^{b}
Furfural	173^{b}	227^{b}	293^{b}	3910^{a}
Heptanal	85^{ab}	108^{a}	21^{bc}	0^{c}
Oktanal	30^{a}	14^{a}	7^{a}	0^{a}
Nonanal	9^{a}	9^{a}	0^{a}	0^{a}
Propanal	729^{a}	817^{a}	387^{b}	30^{c}
Bütanal	117^{a}	61^{a}	151^{a}	173^{a}
(E)-2-pentenal	184^{b}	85^{b}	55^{b}	465^{a}
Hekzenal	270^{a}	215^{a}	159^{ab}	14^{b}
Heptenal	42^{a}	77^{a}	21^{a}	36^{a}
Dekenal	236^{a}	116^{ab}	74^{b}	0^{b}
(E,E)-2,6-nonadienal	56^{a}	19^{a}	0^{a}	35^{a}
Benzaldehit	285^{a}	282^{a}	88^{b}	160^{ab}
5-Metil-2-furaldehit (5-metilfurfural)	28^{a}	0^{a}	16^{a}	37^{a}

$^{a-d}$ Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.18 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerinde Uçucu Bileşiklerin SIFT-MS ile Belirlenen Kantitatif Konsantrasyonları (ppbv) **(devamı)**

Uçucu Bileşik	Kontrol	Ç1	Ç2	Ç3
	Asitler			
Asetik asit	101^{b}	134^{b}	382^{ab}	545^{a}
Formik asit	886^{b}	582^{b}	241^{b}	26101^{a}
Propanoik asit/Metil asetat	57^{b}	72^{b}	291^{a}	314^{a}
Oktanoik asit	579^{a}	973^{b}	128^{c}	0^{c}
Valerik asit/İzovalerik asit (3-metilbütanoik asit)	34^{a}	0^{a}	10^{a}	0^{a}
Hekzanoik asit	481^{a}	463^{a}	217^{b}	58^{b}
	Ketonlar			
Aseton (Propanon)/Alil metil sülfit	233^{b}	427^{a}	143^{bc}	63^{c}
Asetoin (3-hidroksibütanon)	457^{a}	367^{a}	165^{b}	93^{b}
2-bütanon (metil etil keton)	36^{a}	6^{a}	6^{a}	0^{a}
Pentanon (metil propil keton)	19^{b}	96^{a}	21^{b}	17^{b}
Hekzanon	46^{a}	71^{a}	23^{a}	0^{a}
Heptanon	85^{a}	102^{a}	29^{a}	0^{a}
Penten-3-on (etil vinil keton)	168^{a}	52^{a}	84^{a}	80^{a}
1-okten-3-on	26^{a}	13^{a}	0^{a}	0^{a}
2,3-butanedion (diasetil)	1104^{a}	976^{a}	654^{ab}	0^{b}
2,3-pentanedion	498^{a}	547^{a}	151^{b}	0^{b}
	Furanlar			
2-Asetilfuran/1-okten-3-ol	555^{b}	702^{b}	287^{b}	4206^{a}
2-Pentilfuran	0^{a}	0^{a}	21^{a}	12^{a}
	Diğer bileşikler			
Metil asetat/Propanoik asit	44^{b}	55^{b}	222^{a}	240^{a}
Limonen/ Tetrametilpirazin	43^{a}	125^{a}	73^{a}	10^{a}
Sotolon/Furaneol/3-metil-2-furanon	97^{a}	79^{a}	79^{a}	52^{a}
Anetol/Etil laktat	356^{a}	270^{ab}	54^{b}	0^{b}
Piridin	23^{b}	8^{b}	6^{b}	362^{a}
Pirazin	460^{a}	275^{a}	435^{a}	261^{a}
Dimetilpirazin/4,6-Dimetilpirimidin	0^{a}	0^{a}	18^{a}	29^{a}
Trimetilpirazin	387^{a}	337^{ab}	144^{ab}	104^{b}
1,2-propadien	1285^{a}	1020^{a}	1072^{a}	0^{b}

$^{a-d}$ Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Alkol içerikleri incelendiğinde, Ç3 örneğinin diğer muamele grubunun göre etanol ve oktenol miktarı daha yüksek, 2-propen-1-ol (alil alkol), pentanol ve propanol miktarı ise daha düşük tespit edilmiştir. Yine, kontrol ile karşılaştırıldığında, Ç3 örneğinin asetaldehit (9.8 kat), 2-propenal (81.9 kat), 2-bütenal (8.8 kat), pentanal (7.6 kat), metilbutanal (7.7 kat), hekzanal (3.3 kat), propanal (24.3 kat), hekzenal (19.3 kat) heptanal ve dekenal içeriklerinin önemli ölçüde azaldığı, furfural (22.6 kat) ve (E)-2-pentenal (2.5 kat) miktarının ise arttığı saptanmıştır. Çemenlerin aldehit ve alkol içeriklerindeki değişim taze ve siyah sarımsakların uçucu bileşik profili ile uyumludur. Hekzanal ve hekzenal karakteristik yeşil/çimenimsi aroma verir ve bu C_6 aldehitlerinin

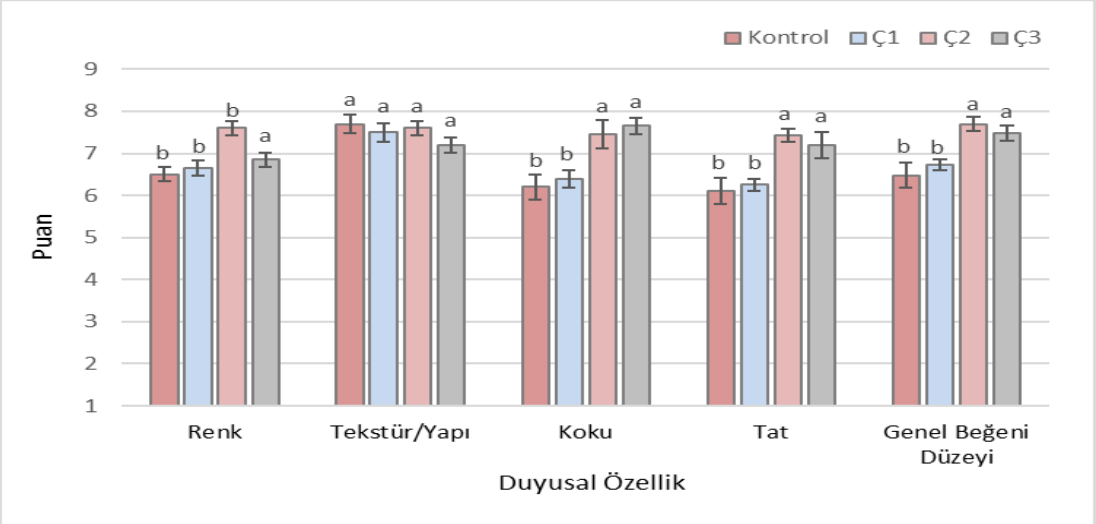
genellikle lipoksijenaz yolu ile yağ asitlerinden üretildiği kabul edilir (Angerosa ve ark., 2004). Kakao ve badem aroması sunan 2-metilbütanal, α-dikarboniller tarafından başlatılan L-izolösinin Strecker tipi bir bozunması ile üretilebilmektedir (Inoue ve ark., 2016).

HS-SPME/GC-MS bulgularıyla uyumlu olarak, SIFT-MS sonuçları Ç2 ve Ç3 gruplarının Kontrol ve Ç1 örneklerine kıyasla asit içeriğinin arttığını göstermiştir. Kontrole kıyasla, Ç3 örneğinde asetik asit (101 ppbv'den 545 ppbv'ye) formik asit (886 ppbv'den 26101 ppbv'ye) propanoik asit (57 ppbv'den 314 ppbv'ye) içeriği artarken, oktanoik asit (579 ppbv'den 0 ppbv'ye) ve hekzanoik asit (481 ppbv'den 58 ppbv'ye) içeriğin azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, ketonların miktarı incelendiğinde, Kontrol ve Ç1 gruplarının en yüksek aseton, asetoin, 2,3-butanedion, 2,3-pentanedion ve pentanon içeriğe sahip olduğu, diğer ketonların miktarları için ise muamele grupları arasında fark olmadığı saptanmıştır.

Furanlar oksijen içeren heterosiklik bileşiklerdir ve gıda işleme sırasında karbonhidratın termal ayrışması, amino asitler ve indirgen şekerler arasındaki Maillard reaksiyonu ve lipitlerin oksidasyonu dahil olmak üzere farklı yollardan üretilebilmektedir. Genel olarak, furan türevleri ısıtılmış ürünlerin genel lezzet profiline bir miktar katkıda bulunan zayıf karamel, tatlı, meyvemsi ve yanık aromaya sahiptir (ben Hammouda ve ark., 2017; Tylewicz ve ark., 2017). Bu bağlamda, meyvemsi ve fasulye benzeri aromaya sahip 2-pentilfuran açısından muamele grupları arasında fark olmadığı, tatlı-balzamik aroma sunan 2-asetilfuran miktarının diğer çemen örneklerine kıyasla Ç3 grubunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer bileşikler incelendiğinde, propanoik asit ile örtüşen metil asetat miktarının Ç2 ve Ç3 örneklerinde Kontrol ve Ç1 gruplarına kıyasla yüksek olduğu bulunmuştur. En düşük 1,2-propadien ve en yüksek piridin miktarları Ç3 grubunda belirlenirken, bu bileşikler açısından diğer muamele grupları arasında anlamlı farklılık olmadığı gözlenmiştir.

4.3.2.8 Pastırma Üretiminde Kullanılan Çemenlerin Duyusal Özellikleri

Şekil 4.6'da kontrol ve optimize formülasyonlar kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin renk, tekstür/yapı, koku, tat ve genel beğeni düzeyi parametreleri açısından duyusal değerlendirme sonuçları gösterilmiştir. Renk puanları incelendiğinde, Ç2 örneği panelistler tarafından en yüksek skorları alırken, kontrol, Ç1 ve Ç2 grupları arasındaki farklılık istatistiksel anlamda önemsiz (P>0.05) bulunmuştur. Optimizasyon sırasında kontrol çemenin tekstürel özellikleri hedef alındığından, tekstür/yapı puanları arasında beklenildiği gibi farklılık gözlenmemiş (P>0.05), tüm çemen grupları benzer sürülebilirlik özellikleri sergilemiştir. Koku ve tat parametreleri incelendiğinde, en yüksek koku ve tat puanları benzer (P>0.05) puanlara sahip Ç2 ve Ç3 gruplarında belirlenirken, panelistler tarafından en düşük koku ve tat puanlarını alan Kontrol ve Ç1 grupları arasında anlamlı farklılık yoktur (P>0.05). Formülasyonda siyah sarımsak ve kırmızı kinoa ununun yer aldığı Ç2 ve Ç3 grupları, taze sarımsak ve ticari çemen unu oranı fazla olan Kontrol ve Ç1 çemenlere kıyasla daha fazla beğenilmiştir (P<0.05). Bu durum, kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsaklı çemenlerde kükürtlü bileşiklerin içeriğindeki önemli azalmaya ve özellikle kavrulmuş ve meyvemsi-tatlı aroma konsantrasyonundaki artışa bağlanabilir (Çizelge 4.17; Çizelge 4.18; Şekil 4.5).



Şekil 4.6 Kontrol ve Optimize Pastırma Çemenlerin Duyusal Değerlendirme Sonuçları

[a-b] Çubuk grafikteki farklı küçük harfler ortalamalar arasındaki anlamlı farklılığı gösterir (P<0.05).

Genel beğeni düzeyi puanlarına göre, koku ve tat puanlarında olduğu gibi Ç2 ve Ç3 grupları panelistler tarafından Kontrol ve Ç1 örneklerine kıyasla en fazla beğenilen gruplar olmuştur ($P<0.05$). Bununla birlikte, Ç2-Ç3 ve Kontrol-Ç1 grupları arasında genel beğeni düzeyi açısından farklılık tespit edilmemiştir ($P>0.05$).

Formülasyonda yalnızca siyah sarımsak kullanılan Ç3 grubunda renk puanlarının Ç2 örneğine kıyasla düşük olması, tek başına siyah sarımsak kullanımının çemen rengini olumsuz etkilediğini, taze ve siyah sarımsağın birlikte yer aldığı formülasyonun çemende tüketiciler tarafından beğenilen renge katkı sunduğu görülmektedir. Öte yandan, siyah sarımsağın tatlı-ekşi lezzeti duyusal değerlendirme puanlarına da yansımıştır. Siyah sarımsağın tatlı tadı polisakkaritlerin hidrolizi nedeniyle fruktoz, glikoz ve sakkaroz dahil olmak üzere çözünür katı içeriğindeki artışla ilişkilidir (Zhang ve ark., 2015; Toledano-Medina ve ark., 2016). Siyah sarımsak ve kırmızı kinoa ununun pastırma çemenine katılması, meyvemsi-çiçeksi aromaya ve tada katkıda bulunan uçucu bileşiklerin ve indirgen şekerlerin içeriğini artırdığı ve kükürt bileşiklerinden kaynaklanan istenmeyen kokuyu ortadan kaldırdığı için duyusal kabulü önemli ölçüde geliştirmiştir.

Taze sarımsağın en yaygın dezavantajları vücuda nüfuz eden ve ağız hijyenine rağmen birkaç saat boyunca devam eden keskin kokusudur. Sosyal hayatta önemli bir sorun haline gelebilen bu durum (Fialová ve ark., 2016; Havlíček ve ark., 2017) siyah sarımsak ile minimize edilmektedir. Önceki bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%10-20) siyah sarımsak kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin kontrol çemene kıyasla panelistler tarafından daha düşük renk puanları almasına rağmen, koku, lezzet ve sürülebilirlik açısından daha fazla beğenildiği belirtilmiş, çemen üretiminde %15 siyah sarımsak kullanımı önerilmiştir (Turan ve Şimşek, 2022b). Turan ve Şimşek (2022a), siyah sarımsağı pastırma çemeninde hoşa gitmeyen koku/lezzet sorununun üstesinden gelmek için taze sarımsağa uygun bir alternatif olarak önermiştir. Araştırmacılar, siyah sarımsaklı çemen gruplarındaki meyvemsi-turunçgil aromasını linalool, p-simen, limonen, etil 3-(metiltiyo) propiyonat, etil piruvat, etil hekzanoat, etil oktanoat, etil palmitat ve 2-pentilfuran gibi uçucularla ilişkilendirmiştir. Benzer şekilde, Ahhmed ve ark. (2017) çemene alternatif olarak kullanılan miso kaplamanın, bazı tüketiciler tarafından algılanan çemen unu ve taze sarımsak kaynaklı hoşa gitmeyen koku/tadı ortadan kaldırarak pastırmanın lezzetini iyileştirdiğini bildirmiştir.

4.4 Pastırma Üretiminde Kullanılan Etlere Ait Bulgular

Pastırma üretiminde kullanılan etlerin temel bileşim unsurları, pH ve TBARS değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir. 1. karkasa ait etlerin nem, protein, yağ ve kül içerikleri sırasıyla %73.86, %23.75, %1.12 ve %0.96, 2. karkasa ait etler için ise bu değerler sırasıyla %73.45, %22.99, %1.62 ve %1.05 olarak belirlenmiştir. Hammadde olarak kullanılan etlerin başlangıç TBARS değerleri 0.12-0.17 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Hammadde örneklerinin kimyasal kompozisyonu için mevcut sonuçlar önceki çalışmalarla uyumludur (Aksu ve Kaya, 2001; Ren ve ark., 2015). Et örneklerinin pH değerleri (5.50-5.71), pastırma gibi kür edilmiş kurutulmuş et ürünlerinin üretimi için uygun niteliktedir (Öztan, 1999).

Çizelge 4.19 Pastırma Üretiminde Kullanılan Etlerin Temel Bileşim Unsurları, pH Değerleri ve TBARS İçerikleri

Blok	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	pH	TBARS (mg MDA/kg)
1	73.05	23.40	1.28	1.01	5.73	0.18
	73.12	23.68	2.01	0.96	5.77	0.20
	73.42	23.52	1.65	0.94	5.76	0.20
	74.01	23.71	0.95	1.01	5.65	0.17
	73.56	23.94	1.24	0.91	5.67	0.16
	73.81	23.80	1.24	0.93	5.66	0.15
	73.90	24.07	0.75	0.94	5.75	0.16
	74.39	24.19	0.92	0.95	5.71	0.17
	73.86	23.82	0.85	0.90	5.73	0.16
	75.07	23.82	0.81	0.95	5.66	0.17
	74.52	23.52	0.96	0.98	5.71	0.18
	73.64	23.59	0.81	0.99	5.69	0.19
ORT	***73.86±0.58***	***23.75±0.23***	***1.12±0.38***	***0.96±0.04***	***5.71±0.04***	***0.17±0.02***
2	73.96	23.47	1.08	1.05	5.50	0.14
	73.20	23.13	1.49	0.97	5.50	0.12
	73.42	23.36	1.28	1.00	5.49	0.12
	72.86	23.05	1.56	1.03	5.47	0.11
	72.83	23.26	2.14	1.02	5.48	0.10
	73.45	23.23	1.82	1.09	5.49	0.09
	73.86	23.23	0.92	1.04	5.49	0.11
	74.54	23.26	0.90	1.01	5.50	0.11
	73.59	23.23	0.88	1.01	5.50	0.13
	73.06	22.39	2.13	1.10	5.51	0.14
	73.24	22.16	2.80	1.09	5.52	0.16
	73.36	22.11	2.41	1.18	5.52	0.13
ORT	***73.45±0.49***	***22.99±0.48***	***1.62±0.64***	***1.05±0.06***	***5.50±0.01***	***0.12±0.02***

4.5 Pastırma Örneklerine Ait Bulgular

4.5.1 Temel Bileşim Unsurları

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların temel bileşim unsurlarına ait varyans analiz sonuçları EK-6'da verilmiştir. Farklı çemen formülasyonu ile muamelenin pastırmaların nem, yağ ve kül içeriği üzerine çok önemli ($P<0.01$) protein içeriği üzerine ise önemsiz ($P>0.05$) etkileri belirlenmiştir. Pastırmaların nem içeriği %44.01-49.93, protein içeriği %33.93-40.48, yağ içeriği %5.54-9.27 ve kül içeriği %6.22-8.73 aralığında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20'de kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların temel bileşim unsurlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları görülmektedir. En düşük ($P<0.05$) başlangıç nem içeriği %45.27 olarak P3 örneğinde belirlenmiş, diğer muamele gruplarında benzer ($P>0.05$) nem içerikleri saptanmıştır. Pastırma örneklerinin protein içerikleri arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur ($P>0.05$). P3 örneği en yüksek yağ ve kül içeriğine sahipken, diğer muamele gruplarının yağ ve kül içerikleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). P3 örneğinin nem içeriğindeki azalma Ç3 çemenlerinin kontrol ve diğer optimize formülasyonlara kıyasla düşük nem içeriklerine (Çizelge 4.12) atfedilebilir. Temel bileşim unsurlarındaki farklılıkların P3 örneğinin diğer muamele gruplarına kıyasla düşük nem içeriği nedeniyle oransal artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut çalışmada, pastırma örneklerinin nem içeriği Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'nde belirtilen sınır (çemen hariç %50) değerlerin altındadır. Ayrıca, pastırma örneklerinin temel bileşim unsurları için elde edilen bulgular önceki çalışmalarla uyumludur (Aksu ve Kaya, 2001; Çakıcı ve ark., 2015).

Çizelge 4.20 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Temel Bileşim Unsurlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)
Kontrol	6	48.41 ± 1.23^{a}	36.69 ± 2.02^{a}	6.97 ± 0.40^{b}	7.16 ± 0.45^{b}
P1	6	48.20 ± 1.46^{a}	36.42 ± 2.10^{a}	7.37 ± 1.72^{b}	7.32 ± 0.45^{b}
P2	6	47.52 ± 0.94^{a}	36.94 ± 2.63^{a}	7.32 ± 0.43^{b}	7.29 ± 0.86^{b}
P3	6	45.27 ± 0.82^{b}	37.89 ± 1.86^{a}	7.94 ± 0.54^{a}	8.09 ± 0.57^{a}

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

4.5.2 Tuz ve Kalıntı Nitrit İçeriği

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların tuz ve kalıntı nitrit içerikleri sırasıyla %4.25-5.78 ve 2.53-6.38 ppm aralığında belirlenmiştir. Pastırmaların tuz ve kalıntı nitrit içeriklerine ait varyans analiz sonuçları EK-6'da, Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.21'de sunulmuştur. Pastırma örneklerinin tuz ve kalıntı içeriği muameleden çok önemli etkilenmiş ($P<0.01$), en düşük ($P<0.05$) tuz içerikleri Kontrol ve P1 örneklerinde, en yüksek ($P<0.05$) değerler ise benzer ($P>0.05$) tuz içeriğine sahip P2 ve P3 gruplarında belirlenmiştir. P2 ve P3 gruplarının tuz içeriğinin diğer gruplara kıyasla yüksek olması, kurumadde içeriklerinin yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Kalıntı nitrit içerik ile ilgili olarak, kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak içeren optimize çemen formülasyonları ile üretilen pastırmalarda kalıntı nitrit içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, en düşük ($P<0.05$) kalıntı nitrit içeriği P3 örneğinde, en yüksek ($P<0.05$) değerler ise önemsiz farklılıklarla ($P>0.05$) Kontrol ve P1 gruplarında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, çemen formülasyonunda siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unlarının kullanımının pastırmanın kalıntı nitrit içeriğini kontrole kıyasla azalttığını göstermiştir.

Çizelge 4.21 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Tuz ve Kalıntı Nitrit İçeriğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Tuz (%)	Kalıntı Nitrit (ppm)
Kontrol	6	4.86 ± 0.22^{b}	5.11 ± 0.81^{a}
P1	6	4.91 ± 0.60^{b}	5.21 ± 1.13^{a}
P2	6	5.15 ± 0.31^{a}	4.07 ± 1.35^{b}
P3	6	5.36 ± 0.35^{a}	3.38 ± 0.82^{c}

[a,c]Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Pastırma örneklerinin tuz ve kalıntı nitrit içerikleri Çakıcı ve ark. (2015) ve Erdemir (2023) ile benzerken, Maky ve ark. (2020)'nin bildirdiği değerlerden düşüktür. Çakıcı ve ark. (2015) sırt pastırmaların tuz ve kalıntı nitrit içeriklerini sırasıyla %4.92–8.67 ve 2.33–34.65 ppm aralığında belirlemiştir. Farklı seviyelerde liyofilize ahududu su ekstraktı ilaveli çemenler ile üretilen pastırmaların tuz ve kalıntı içeriklerinin sırasıyla %4.60-4.95 ve 1.05-2.30 ppm aralığında olduğu, ekstrakt ile zenginleştirilmiş çemenlerin pastırmanın kalıntı nitrit içeriğini kontrole kıyasla azalttığı bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2022).

4.5.3 Tekstürel Özellikler

Pastırma, tekstürel özelliklerine göre birinci sınıf (orta sertlikte, kolay çiğnenebilen ve ağızda kalıntı bırakmayan), ikinci sınıf (yumuşak, kalıntı bırakmayan ancak rahat çiğnenemeyen), ve üçüncü sınıf (çok sert veya çok yumuşak, çiğnemesi güç ve ağızda kalıntı bırakan) olarak sınıflandırılmaktadır (Tekinşen ve Doğruer, 2000). Bu bağlamda, pastırma örneklerinin tekstürel özellikleri Warner-Bratzler kesme kuvveti ile değerlendirilmiş ve kesme kuvveti değerleri 39.13-69.06 N aralığında belirlenmiştir.

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları ile muamele pastırmanın kesme kuvveti değerlerini çok önemli ($P<0.01$) etkilemiştir (EK-6). Çizelge 4.22'deki Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre, kesme kuvveti açısından kontrol grup ile Ç1 ve Ç2 çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmalar (P1 ve P2) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($P>0.05$). P3 örneğinin ise diğer gruplara kıyasla daha yüksek kesme kuvvetine ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu durum, P3 numunesinin diğer pastırma gruplarına kıyasla daha düşük nem içeriğine bağlanabilir. Benzer eğilim, duyusal değerlendirme sonuçları için de gözlenmiştir. Depolama periyodu ilerledikçe pastırmalardaki nem kaybına bağlı olarak tekstür puanlarında azalma olduğu, P3 örneğinin diğer gruplara kıyasla daha düşük tekstür puanları aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.22 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Kesme Kuvveti Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Kesme Kuvveti (N)
Kontrol	6	52.10 ± 7.60^{a}
P1	6	50.84 ± 8.76^{a}
P2	6	54.30 ± 7.59^{a}
P3	6	61.67 ± 7.00^{b}

^{a,b}Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Kesme kuvveti, bir parçayı kesmek için gereken maksimum kuvvettir. Üretimde kullanılan hammadde ve uygulanan işlemlere göre pastırmanın kesme kuvveti değişmektedir. Ren ve ark. (2015) sığır, at, koyun ve domuz eti kullanarak üretilen pastırmaların kesme kuvvetleri için hiyerarşinin at eti ≥ sığır eti ≥ domuz eti > koyun eti şeklinde olduğunu, sığır eti ile üretilen pastırmaların kesilebilmesi için >60 N kuvvete ihtiyaç duyulduğunu belirlemiştir. Abdallah ve ark. (2017) geleneksel

çemen kaplamaya alternatif olarak kitosan kaplama uyguladıkları pastırmaların kesme kuvvetini sırasıyla 3.88 kg.F (38.05 N) ve 3.68 kg.F (36.09 N) olarak benzer bulmuştur. Ayas ve ark. (2020) farklı ambalajlama yöntemleri uyguladıkları pastırmalarda, depolama başlangıcında 63.52 N olarak belirlenen kesme kuvvetinin depolamanın sonunda (180. gün) 59.23-85.13 N arasında değiştiğini, bununla birlikte depolama boyunca tüm örneklerin duyusal testlerde panelistler tarafından kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir.

4.5.4 Toplam Gluten Miktarı

Pastırma üretiminde kullanılan ticari çemen unları buğday ve burçak unu ile birlikte bir karışım halindedir (Doğruer ve ark., 1998; Tekinşen ve Doğruer, 2000). Bu yüzden, çölyak hastaları veya buğday alerjisine sahip kişiler için pastırma tüketimi sağlık riski taşımaktadır (Anonim, 2024a). Bu problemin üstesinden gelebilmek için endüstriyel anlamda bazı şirketler Ar-Ge faaliyetlerini sürdürmekte, çemensiz veya çemeni sıyrılmış pastırma ambalajlarına "gluten içermez" ibaresi ekleyerek piyasaya sunmaktadır (Anonim, 2024b, 2024f). Buna rağmen, çemeni sıyrılmış pastırmada bile gluten içerebilir ibaresine yer verilmesi tüketiciler için risk oluşturmaktadır (Anonim, 2024g). Bu nedenle, mevcut araştırmanın amaçlarından biri de kinoa unlarının biyoaktif ve fonksiyonel özelliklerinden yararlanmanın yanı sıra glutensiz pastırma üretiminin sağlanmasıdır. Bu kapsamda, mevcut çalışma ticari çemen unu, pastırma çemeni ve pastırmanın toplam gluten içeriğinin araştırıldığı ilk çalışmadır.

Ticari çemen ununda 49.93 ppm olan toplam gluten içerik, kontrol çemenlerde 27.44 ppm olarak belirlenmiş, formülasyonlardaki kırmızı kinoa unu oranındaki artışa bağlı olarak kademeli azalma göstermiştir. Ç2 ve Ç3 çemen gruplarında ise toplam gluten içerik kontrol çemenlere kıyasla %73.76 ve üzerinde azalarak ürünün glutensiz kabul edildiği düzeyden (20 ppm) oldukça düşük içerikler belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Pastırma örneklerinin <5-17.50 ppm aralığında değişen toplam gluten içerikleri üzerine ise Kontrol ve optimize çemen formülasyonları ile muamelenin çok önemli ($P<0.01$) etkileri gözlenmiştir (EK-6). Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre (Çizelge 4.23), toplam gluten içerikleri açısından Kontrol ve P1 pastırmalar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ($P>0.05$), sırasıyla %60.4 ve %100 oranlarda

kırmızı kinoa unu içeren Ç2 ve Ç3 çemen formülasyonları ile muamele edilen P2 ve P3 örneklerinde toplam gluten içeriğin kontrole kıyasla azaldığı hatta tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir (P<0.05).

Çizelge 4.23 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Toplam Gluten İçeriğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Toplam Gluten içeriği (ppm)
Kontrol	4	15.53±1.94[a]
P1	4	14.65±2.61[a]
P2	4	9.86±0.47[b]
P3	4	<5.00[c]

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Gluten içeriği <20 ppm olan numunelerin glutensiz olarak kabul edildiği (Lacorn ve ark., 2019) düşünüldüğünde, mevcut çalışmada üretilen tüm pastırma örnekleri depolama başlanıcında tespit edilen değerlere göre glutensiz olarak kabul edilebilir. Ancak, piyasada farklı firmalara ait çok sayıda ticari çemen unu karışımı olduğu ve üretilen çemen ve pastırmaların nem içeriklerindeki farklılıklar (Çakıcı ve ark., 2015; Ahhmed ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2020a; Turan ve Şimşek, 2022a) göz önüne alındığında, mevcut sonuçlar kontrol pastırma örneklerinin gluten hassasiyeti olan ve çölyak hastaları için risk teşkil edebileceğini göstermiştir. Bu nedenle, bu konu üzerinde kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

4.5.5 Biyoaktif Özellikler

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların TFM içeriği, ABTS-ARA, DPPH-ARA ve FRAP değerleri kuru ağırlık üzerinden sırasıyla 42.14-73.69 mg/100 g, 1.56-2.17 mmol TE/kg, 1.43-2.58 mmol TE/kg ve 0.54-0.86 mmol TE/kg arasında değişim göstermiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, pastırma üretiminde kullanılan taze sarımsak ve ticari çemen ununun siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu ile ikame edilmesinin son üründe TFM içeriği, ABTS-ARA, DPPH-ARA ve FRAP değerlerini çok önemli (P<0.01) etkilediği (EK-7) belirlenmiştir. Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.24), Kontrol ve P1 örneklerinin biyoaktif özellikler açısından benzer (P>0.05) değerler aldığı, en yüksek (P<0.05) değerlere ise genellikle P3 grubunun sahip olduğu saptanmıştır. ABTS-ARA açısından P2 ve P3 numuneleri

arasında istatistiksel anlamda farklılık yoktur (P>0.05). Kırmızı kinoa ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin TFM içeriği, ABTS-ARA, DPPH-ARA ve FRAP değerlerinde meydana gelen artış (Çizelge 4.14) pastırma örneklerine de yansımış, pastırmanın biyoaktif özellikleri gelişmiştir. Buna göre, mevcut çalışmada optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların TFM içeriği 1.6 kat, ABTS-ARA, DPPH-ARA ve FRAP değerleri ise sırasıyla 1.2, 1.7 ve 1.4 kata kadar artış göstermiştir.

Çizelge 4.24 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Biyoaktif Özelliklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	TFM	ABTS-ARA	DPPH-ARA	FRAP
Kontrol	6	46.06±2.44^{c}	1.75±0.11^{b}	1.50±0.05^{c}	0.60±0.03^{c}
P1	6	47.75±2.57^{c}	1.66±0.10^{b}	1.53±0.07^{c}	0.64±0.05^{c}
P2	6	66.08±3.29^{b}	2.03±0.06^{a}	2.41±0.07^{b}	0.75±0.05^{b}
P3	6	71.36±2.13^{a}	2.12±0.04^{a}	2.53±0.04^{a}	0.84±0.03^{a}

^{a,c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

TFM: Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g KM); ABTS-ARA: ABTS-Antiradikal Aktivite (mmol TE/kg KM); DPPH-ARA: DPPH-Antiradikal Aktivite (mmol TE/kg KM); FRAP: Ferrik iyon indirgeyici antioksidan güç (mmol TE/kg KM)

Literatürde pastırmanın TFM içeriği ve antioksidan aktivite değerlerini belirleyen çalışma oldukça sınırlıdır. Deniz ve ark. (2016) pastırmanın suda çözünebilir peptid fraksiyonunun %60'ın üzerinde DPPH radikal süpürücü aktivite gösterdiğini bildirmiştir. Benzer ürünlerle karşılaştırıldığında, Ekici ve ark. (2015) kontrol sucuk örneğinin TFM içeriğinin (785 mg GAE/kg) ve DPPH radikal giderici aktivitesinin (%21) siyah havuç konsantresi muamelesi ile sırasıyla 1201.48 mg GAE/kg ve %65.18'e kadar arttığını tespit etmiştir. Benzer şekilde, ε-polilizin (%0.5 ve 1) ve ısırgan otu ekstraktı (%3, 6 ve 9) kombinasyonları ile kaplanan sığır etinin TFM içeriğinin kontrole göre arttığı belirlenmiştir (Alirezalu ve ark., 2021).

4.5.6 Amino Asit Kompozisyonu

Et proteinlerinin oksidasyonu, tekstür, renk, aroma, su tutma kapasitesi, sindirilebilirlik, biyolojik işlevsellik gibi birçok faktörü etkilerken, belirli amino asitlerin net kaybına ve amino asit profilinde önemli bir değişikliğe neden olur (Estevez, 2011; Soladoye ve ark., 2015). Lizin, arginin ve treonin gibi temel amino asitlerin geri dönüşümsüz oksidatif modifikasyonu ve protein sindirilebilirliğinin azalması, protein karbonillerinin oluşumu yoluyla protein oksidasyonunun gıda proteinlerinin besin değeri üzerindeki zararlı etkisinin açık bir ifadesidir (Estevez, 2011).

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların amino asit kompozisyonuna ait varyans analiz sonuçları EK-8'de, Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir. Glutamik asit, aspartik asit ve tirozin amino asitleri açısından Kontrol pastırmaların zengin olduğu ($P<0.05$), düşük oranda kırmızı kinoa unu içeren Ç1 çemen ile kaplanan P1 grubunda alanin, histidin, metiyonin, prolin ve serin miktarının diğer gruplara daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). En yüksek sistin ve treonin P2 örneğinde belirlenmiş olup ($P<0.05$), glisin açısından en yüksek ($P<0.05$) değerler benzer içeriğe sahip P1 ve P2 örneklerinde saptanmıştır. P1 ve P3 gruplarının fenilalanin içeriğinin diğer örneklere kıyasla daha yüksek olduğu, lösin miktarının optimize pastırma çemenleri ile kaplanarak üretilen pastırmalarda Kontrol gruba kıyasla arttığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). %100 kırmızı kinoa unu ve %100 siyah sarımsak içeren Ç3 çemenler ile muamele edilerek üretilen P3 grubunda, arginin, histidin, izolösin, lizin ve valin içeriklerinin diğer muamele gruplarına kıyasla arttığı saptanmıştır ($P<0.05$).

Pastırma çemen formülasyonlarında kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak kullanımı, pastırmanın esansiyel amino asit (EA) içeriğini Kontrol gruba kıyasla önemli ($P<0.05$) düzeyde artırmıştır. En yüksek ve en düşük EA içerikleri sırasıyla P3 ve Kontrol pastırma örneklerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Protein etkinlik oranı (PER) değerleri incelendiğinde, P2 ve P3 gruplarının PER değerlerinin Kontrol ve P1 örneklerine nazaran daha yüksek olduğu ($P<0.05$), bununla birlikte PER_1, PER_2, PER_3 değerleri açısından P2 ve P3 grupları arasında fark olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.25 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Amino Asit Profiline (g/100 g protein) ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Amino asit	**Kontrol**	**P1**	**P2**	**P3**
Alanin	6.21±0.37^{d}	7.13±0.43^{a}	6.42±0.27^{c}	6.62±0.21^{b}
Arginin	6.72±0.05^{d}	6.79±0.13^{c}	7.12±0.21^{b}	7.50±0.21^{a}
Aspartik Asit	12.37±0.11^{a}	9.73±0.51^{d}	10.84±0.41^{c}	11.12±0.05^{b}
Fenilalanin	4.00±0.11^{c}	4.20±0.14^{a}	4.06±0.05^{b}	4.18±0.06^{a}
Glisin	5.70±0.97^{b}	6.70±0.39^{a}	6.37±0.28^{a}	4.68±0.44^{c}
Glutamik Asit	16.18±0.05^{a}	15.63±0.52^{c}	15.07±0.62^{d}	15.78±0.24^{b}
Histidin	3.04±0.08^{c}	3.49±0.42^{a}	3.14±0.14^{b}	3.42±0.12^{a}
İzolösin	3.38±0.31^{c}	3.29±0.14^{d}	3.52±0.35^{b}	3.54±0.35^{a}
Lizin	10.08±0.01^{d}	10.19±0.76^{c}	10.46±0.21^{b}	10.77±0.48^{a}
Lösin	7.77±0.04^{b}	7.85±0.08^{ab}	7.94±0.08^{a}	7.89±0.05^{ab}
Metiyonin	2.86±0.13^{c}	2.96±0.04^{a}	2.78±0.01^{d}	2.90±0.04^{b}
Ornitin	0.25±0.03^{a}	0.23±0.02^{ab}	0.21±0.03^{bc}	0.18±0.01^{c}
Prolin	4.58±0.32^{b}	4.74±0.22^{a}	4.53±0.04^{c}	4.41±0.08^{d}
Serin	4.33±0.23^{b}	4.71±0.18^{a}	4.28±0.5^{b}	3.82±0.15^{c}
Sistin	0.07±0.10^{b}	0.10±0.12^{b}	0.39±0.06^{a}	0.10±0.11^{b}
Tirozin	3.75±0.01^{a}	3.70±0.15^{b}	3.49±0.16^{c}	3.48±0.07^{c}
Treonin	4.82±0.18^{b}	4.70±0.11^{c}	4.96±0.41^{a}	4.84±0.26^{b}
Valin	3.87±0.01^{c}	3.87±0.15^{c}	4.44±0.29^{b}	4.79±0.22^{a}
EA	39.81±0.16^{d}	40.54±0.94^{c}	41.3±0.71^{b}	42.32±0.17^{a}
NEA	60.21±0.18^{a}	59.46±1,00^{b}	58.71±0.70^{c}	57.69±0.18^{d}
EA/TA (%)	39.8±0.16^{d}	40.54±0.96^{c}	41.29±0.71^{b}	42.32±0.16^{a}
EA/NEA (%)	66.11±0.45^{d}	68.21±2.71^{c}	70.35±2.04^{b}	73.35±0.49^{a}
PER_1	2.64±0.03^{b}	2.67±0.04^{ab}	2.72±0.04^{a}	2.71±0.02^{a}
PER_2	2.66±0.02^{c}	2.71±0.04^{bc}	2.77±0.05^{a}	2.75±0.02^{ab}
PER_3	2.58±0.06^{c}	2.83±0.25^{b}	2.96±0.24^{a}	3.03±0.04^{a}

EA: Esansiyel amino asit; NEA: Esansiyel olmayan amino asit; TA: Toplam amino asit; PER: Protein Etkinlik Oranı

^{a,d} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Mevcut çalışmada pastırma örnekleri için belirlenen toplam amino asit kompozisyonu ve PER değerleri Doğruer (1992) tarafından pastırma üretim aşamalarında toplam amino asit profilinde ve PER değerlerinde değişimin belirlendiği çalışma ile uyumludur. Araştırmacı, üretim periyodunun başlangıcında 2.82-2.91 aralığındaki PER değerleri çemenleme aşaması sonrası azalarak 2.61-2.81 aralığında belirlemiştir. Ayrıca, tuzlama işlemi sonrasında numunelerin prolin dışındaki amino asit miktarlarında azalma olduğunu, bununla birlikte kurutma ve baskılama işlemleri ile amino asit düzeylerin arttığını, çemenleme aşaması sonrasında ise azalma meydana geldiğini bildirmiştir.

4.5.7 Nem İçeriği

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların depolama periyodu boyunca nem içerikleri, 0. günde %44.01-49.93, 30. günde %43.63-47.53, 60. günde %39.62-44.72, 90. günde %39.24-43.34 ve 120. günde %36.75-41.06 aralığında belirlenmiştir. Pastırmaların nem içeriklerine ait varyans analiz sonuçları EK-9'da verilmiş, varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu, blok, ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun örneklerin nem içeriği üzerine çok önemli ($P<0.01$) etkileri tespit edilmiştir.

Pastırmaların nem değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.26 ve 4.27'de sunulmuştur. En düşük ($P<0.05$) ortalama nem içeriği 42.29±3.07 olarak P3 örneğinde, en yüksek ortalama değer ise istatistiksel olarak benzer ($P>0.05$) değerlerin tespit edildiği Kontrol (43.81±3.45) ve P1 (43.95±3.36) gruplarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.26 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Nem İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Nem içeriği (%)
Kontrol	30	43.81±3.45[a]
P1	30	43.95±3.36[a]
P2	30	43.23±3.19[b]
P3	30	42.29±3.07[c]

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

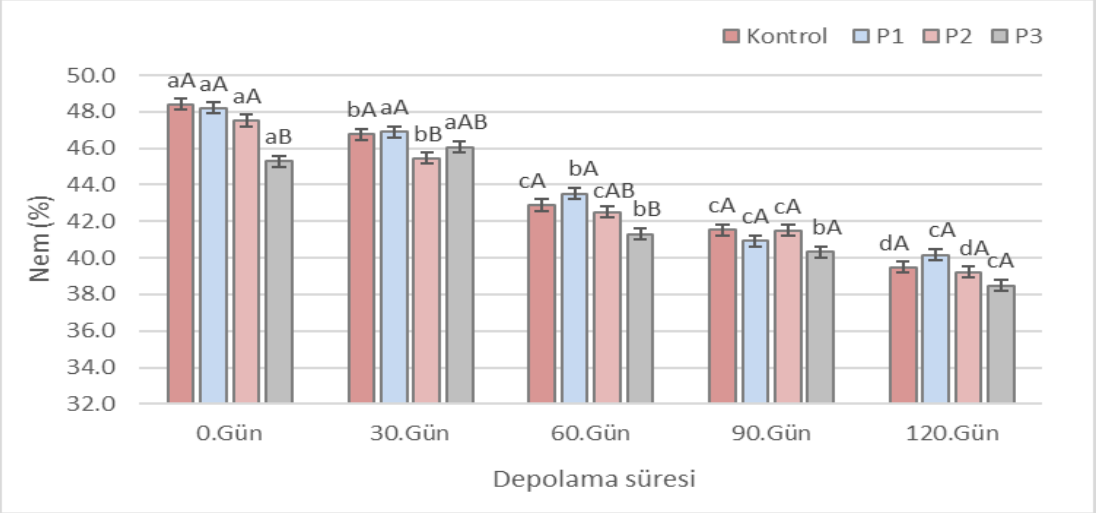
Depolama başlangıcında pastırma örneklerinde ortalama 47.35±1.66 olan nem içeriği, 120 günlük depolama periyodu boyunca kademeli olarak azalarak depolama sonunda ortalama 39.34±1.18 olarak bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 4.27 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Nem İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Nem içeriği (%)
0	24	47.35±1.66[a]
30	24	46.29±0.95[b]
60	24	42.56±1.21[c]
90	24	41.07±1.07[d]
120	24	39.34±1.18[e]

[a,e] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Şekil 4.7’de pastırma örneklerinin nem içerikleri üzerine M×DP interaksiyonunun etkisi görülmektedir. Depolama süresi boyunca pastırma örneklerinin nem içeriğinde kademeli olarak azalma gözlenmiş, en fazla azalma Kontrol ve P1 gruplarında meydana gelmiştir (P<0.05). Benzer şekilde, pastırmanın üretim ve depolama periyodu boyunca nem değerlerinin azaldığı bildirilmiştir (Erdemir, 2022; Aksu ve ark., 2022). Nihai ürün olan pastırmanın nem içeriği, üretimde kullanılan etin kalitesinden, tuzlama yönteminden ve tuz miktarından, kurutma, çemenleme ve çemenli kurutma sürelerinden etkilenmektedir. Ayrıca, depolama koşulları ve depolama sıcaklığına bağlı olarak da pastırmanın nem içeriği değişmektedir. Hammaddenin yaklaşık %75 olan nem içeriği, kürleme, 1., 2. ve 3. kurutma işlemleri ile %50'ye kadar düşmekte ve çemenleme ile tekrar yükselmektedir. Çemenin bileşimindeki su ete geçmekte ve yaklaşık %10'luk bir artışa neden olmaktadır. Çemenleme aşamasından sonra pastırma uygun nem içeriğine ulaşana kadar kurutulmaktadır (Aksu ve ark., 2022).



Şekil 4.7 Pastırma Örneklerinin Nem İçeriği Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi
Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir (P < 0.05, Tukey testi).

Mevcut çalışmada, depolama başlangıcında diğer gruplara kıyasla en düşük (P<0.05) nem içerikleri P3 ve P2 örneklerinde iken, depolamanın 90. gününden itibaren tüm pastırma örneklerinin benzer (P>0.05) nem içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. P2 ve P3 örneklerinde depolama başlangıcında gözlenen düşük nem içeriği, bu grupların pH’sının ve hazırlanmasında kullanılan çemenlerin nem içeriklerinin (Çizelge 4.12) diğer gruplara kıyasla daha düşük olmasına bağlanabilir. Mevcut

çalışmadaki pastırma örneklerinin depolama periyodu boyunca tespit edilen nem içerikleri, Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'nde (Anonim, 2019) belirtilen sınırlara (çemen hariç %50) uygundur.

4.5.8 pH Değerleri

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların pH değerlerinin depoma periyodu boyunca 5.44-5.95 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu, blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun örneklerin pH değeri üzerine etkisinin çok önemli ($P<0.01$) düzeyde olduğu saptanmıştır (EK-9). Çizelge 4.28'de verilen Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre en yüksek ve en düşük ortalama pH sırasıyla Kontrol (5.81±0.06) ve P3 (5.55±0.07) örneklerinde tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.28 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların pH Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	pH Değeri
Kontrol	30	5.81±0.06[a]
P1	30	5.79±0.07[b]
P2	30	5.64±0.05[c]
P3	30	5.55±0.07[d]

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Çizelge 4.29'da depolama periyodu boyunca kontrol ve optimize çemen formülasyonları ile üretilen pastırmaların pH değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir. Depolama başlangıcında pastırma örneklerinde ortalama 5.67±0.12 olan pH değerleri 30. günde hafif azalma göstermiş, takip eden depolama periyodu boyunca artarak depolama sonunda (120.gün) 5.77±0.13 olarak belirlenmiştir ($P<0.05$).

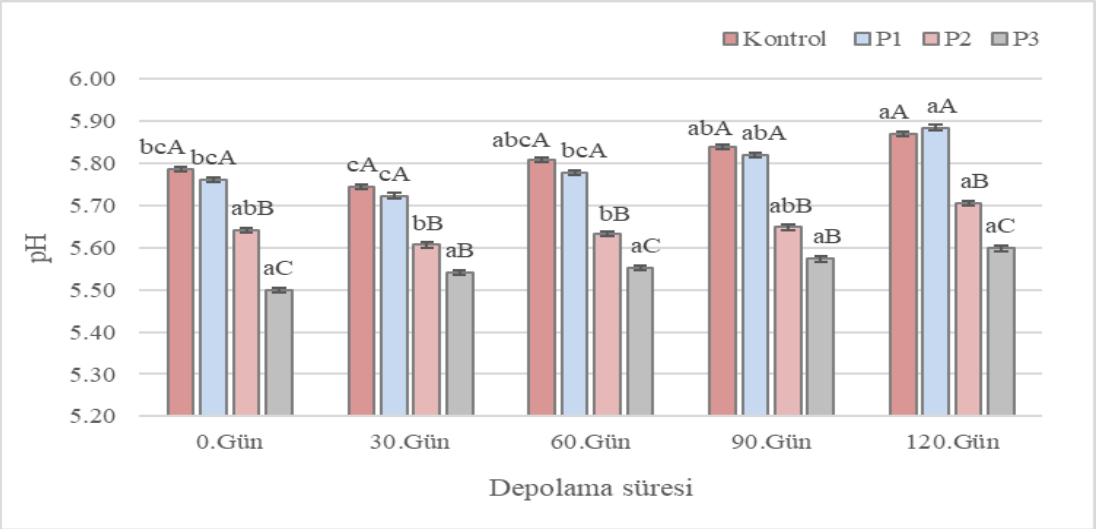
Çizelge 4.29 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen pH Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	pH Değeri
0	24	5.67±0.12[d]
30	24	5.65±0.10[e]
60	24	5.69±0.11[c]
90	24	5.72±0.12[b]
120	24	5.77±0.13[a]

[a,e] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Pastırma örneklerinin pH değerleri üzerine M×DP interaksiyonunun etkisi Şekil 4.8'de sunulmuştur. 120 gün depolama periyodu boyunca Kontrol ve P1 gruplarının pH değerleri arasında farklılık olmadığı ($P>0.05$), bununla birlikte genellikle en düşük ($P<0.05$) pH değerlerine %100 siyah sarımsak ve %100 kırmızı kinoa unu içeren çemen formülasyonu ile üretilen örneklerin sahip olduğu belirlenmiştir. Siyah sarımsak ve siyah sarımsaklı çemen gruplarının pH değerleri düşünüldüğünde (Çizelge 4.3, Çizelge 4.13) bu durum beklenen bir sonuçtur. Ayrıca, bu gruplardaki düşük pH, üretim periyodu boyunca protein oksidasyonunun sınırlandırılması ile bazik maddelerin miktarında meydana gelen azalmadan kaynaklabilir (Erdemir, 2017). Öte yandan, pH değerleri depolamanın 30. gününde meydana gelen hafif azalmanın (P3 hariç) ardından kademeli olarak artış göstermiştir. Kontrol, P1 ve P2 gruplarının en düşük pH değerleri 30. günde belirlenmiş olup, depolama sonunda Kontrol (5.79'dan 5.87'e) ve P1 örneklerinin (5.76'dan 5.89'a) pH değerlerinde depolama başlangıcına kıyasla önemli artış ($P<0.05$) meydana gelmiştir. Bu artışın, bu işlem depolama sırasında meydana gelen proteolitik değişikliklerden ve kurumadan kaynaklandığı düşünülmektedir (Aksu ve ark., 2022). Ayrıca 30. gündeki düşük pH değerlerinin sorumlusu LAB sayımlarındaki meydana artış olabilir (Çizelge 4.53). P2 örneği için en düşük pH değerleri depolamanın 30. ve 60. günlerinde tespit edilmiş olup, depolama sonunda başlangıç değerlere kıyasla önemli değişim görülmemiştir ($P>0.05$). P3 örneğinde ise depolama başlangıcında 5.50 olan pH değeri diğer grupların aksine tüm depolama periyodu boyunca kademeli olarak artarak depolama sonunda 5.60 olarak tespit edilmesine rağmen, bu artışın istatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) olduğu gözlenmiştir.

Çakıcı ve ark. (2015) sırt pastırmaların pH değerlerini 5.46-6.21 aralığında bildirmiştir. Aksu ve ark. (2023) farklı seviyelerde liyofilize nar su ekstraktı ilaveli çemenler ile üretilen pastırmaların pH değerlerinin azaldığını (5.63'den 5.55'e), bununla birlikte 150 gün depolama süresince pastırmaların pH değerlerinde artış meydana geldiğini belirlemiştir. Öte yandan, kürleme karışımında farklı konsantrasyonlarda (%0, %0.5, %1.0, %2.0) potasyum laktat kullanılarak üretilen pastırmaların pH değerlerinin artan potasyum laktat seviyesine bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Aksu ve Erdemir, 2022).



Şekil 4.8 Pastırma Örneklerinin pH Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi
Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$, Tukey testi).

4.5.9 Lipid Oksidasyonu (TBARS değerleri)

Lipit oksidasyonu, et ürünlerinin üretim ve depolanması sırasında meydana gelen önemli değişkenlerden biridir. Çiğ tüketilen ürünlerin ve pastırma gibi kuru kürlenmiş et ürünlerinin üretimi sırasında lipid oksidasyonunun artması ürün kalitesini düşürmekte ve raf ömrünü kısaltmaktadır.

Mevcut çalışmada, pastırma örneklerinin lipid oksidasyonu TBARS yöntemine göre değerlendirilmiştir. Pastırma örneklerinin depolama periyodu boyunca 0.73-2.37 mg MDA/kg arasında değişim gösteren TBARS değerleri muamele, depolama periyodu, blok, ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonundan çok önemli ($p<0.01$) etkilenmiştir (EK-9).

Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre (Çizelge 4.30), en yüksek ve en düşük ortalama TBARS değerleri sırasıyla P1 (2.05±0.19) ve P3 (1.02±0.18) örneklerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlar, çemen formülasyonunda taze sarımsak ve ticari çemen ununa ikame olarak siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımının pastırmada lipid oksidasyonunu azalttığını, bu azalmanın siyah sarımsak ve kırmızı kinoa ununun artan konsantrasyonuna bağlı olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.30 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların TBARS Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları

Muamele	N	TBARS (mg MDA/kg)
Kontrol	30	2.00±0.20[b]
P1	30	2.05±0.19[a]
P2	30	1.37±0.17[c]
P3	30	1.02±0.18[d]

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir. Depolama başlangıcında ortalama 1.36±0.41 mg MDA/kg olan TBARS değerleri depolama periyodu ilerledikçe artarak depolama sonunda ortalama 1.76±0.38 mg MDA/kg olarak saptanmıştır (P<0.05).

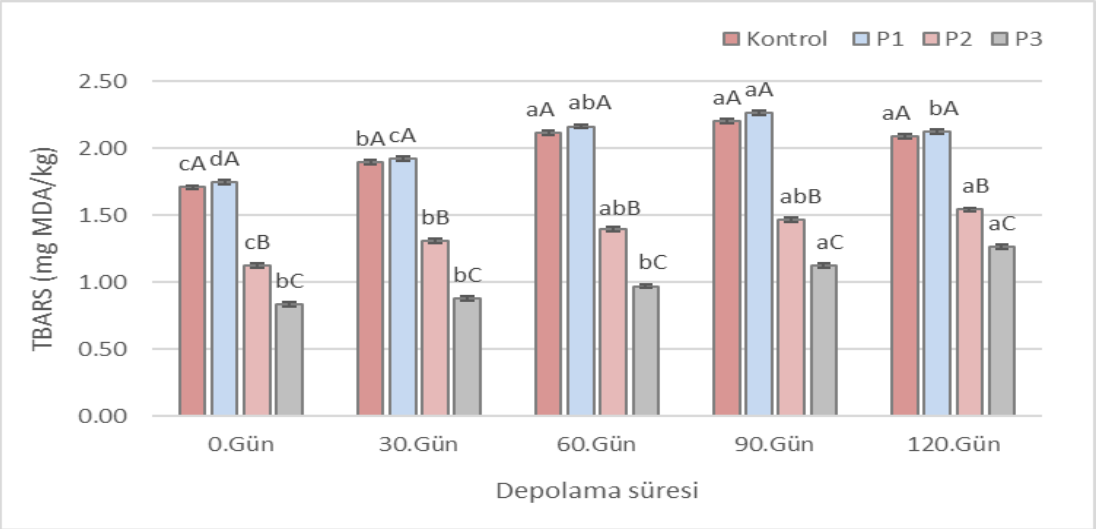
Çizelge 4.31 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen TBARS Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	TBARS (mg MDA/kg)
0	24	1.36±0.41[d]
30	24	1.51±0.45[c]
60	24	1.66±0.52[b]
90	24	1.77±0.50[a]
120	24	1.76±0.38[a]

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Pastırma örneklerinin TBARS değerleri üzerine çok önemli etkisi belirlenen M×DP interaksiyonunun etkisi Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Depolama başlangıcında pastırma örneklerinin TBARS değerleri önemli farklılık göstermiştir (P<0.05). Buna göre, en yüksek TBARS değerleri sırasıyla 1.71 ve 1.75 mg MDA/kg ile Kontrol ve P1 gruplarında, en düşük değerler ise %100 siyah sarımsak ve %100 kinoa unu içeren çemen formülasyonları ile üretilen P3 örneklerinde (0.84 mg MDA/kg) belirlenmiştir (P<0.05). Tüm depolama periyotları için en yüksek değerler aralarındaki önemsiz (P>0.05) farklılıklarla Kontrol ve P1 gruplarında belirlenirken, en düşük (P<0.05) değerler P3 örneğinde gözlenmiştir. Bu sonuçlar, lipid oksidasyonunun bir göstergesi olan hekzanal içeriğinin, çemenleme aşamasında siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanılarak üretilen pastırmalarda Kontrol gruba kıyasla daha düşük olduğunu gösteren uçucu bileşik profili sonuçları ile uyumludur (Çizelge 4.56; Çizelge 4.57).

Depolama periyodu boyunca tüm pastırma örneklerinin TBARS değerleri başlangıç değerlere kıyasla artış göstermiş, depolamanın 90. gününde Kontrol (2.20 mg MDA/kg) ve P1 (2.27 mg MDA/kg) örneklerinin TBARS değerleri en yüksek seviyeye ulaştıktan sonra azalarak depolama sonunda sırasıyla 2.09 ve 2.13 mg MDA/kg olarak kaydedilmiştir. Kontrol ve P1 örneklerinin 120.gününde TBARS değerlerinde meydana gelen azalmaya benzer eğilim, pastırma ve diğer kuru kürlenmiş et ürünleri için önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Lorenzo ve Carballo, 2015; Guo ve ark., 2019, Aksu ve ark., 2022). Bu azalma, okside bileşiklerin amino gruplarıyla bağlanması sonucu malondialdehit (MDA) oluşumunun engellenmesinden kaynaklanabilir. Depolama sırasında, MDA'nın amino asitler, proteinler, amin içeren fosfolipitler ile reaksiyona girmesi ve MDA'nın TBA ile reaksiyona girmeyen diğer organik yan ürünlere ayrışması TBARS değerlerindeki dalgalanmaların sorumlusu olabilir (Karpińska-Tymoszczyk ve Draszanowska, 2019). Ayrıca, depolama sırasında MDA kayıp oranının lipid oksidasyonu yoluyla üretim oranına kıyasla daha baskın olması ve düşük moleküler ağırlıklı uçucu oksidasyon ürünlerinin uzun süreli depolama sırasında kaybolması da depolama sonunda TBARS değerlerinde azalmaya sebep olabilir (Maqsood ve ark., 2012). Benzer şekilde, farklı konsantrasyonlarda ahududu su ekstraktı içeren çemenler ile üretilen pastırmalarda, üretim aşamaları boyunca artan TBARS değerlerinin özellikle 60. günden sonra azaldığı, en fazla azalmanın 150. günde kontrol örneklerinde meydana geldiği bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2022). Sığır eti için oksidatif acılaşma ve duyusal kabul edilebilirlik için tolere edilebilir MDA eşiği (2 mg MDA/kg) dikkate alındığında (Campo ve ark., 2006), Kontrol (2.12 mg MDA/kg) ve P1 (2.17 mg MDA/kg) numunelerinin 60. günden sonra sınır değerleri aştığı, buna karşılık, P2 ve P3 gruplarının MDA içeriğinin 120 günlük depolama periyodu boyunca kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı saptanmıştır. P2 ve P3 gruplarının Kontrol ve P1 örneklerine kıyasla daha yüksek TFM içeriği ve antioksidan aktivitesi (Çizelge 4.24), bu çemen gruplarıyla kaplanan pastırma örneklerinde daha düşük TBARS değerleri ile sonuçlanmıştır. Bu sonuçlar, Ç2 (%50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsak; %30.6 Ticari çemen unu + %69.4 Kırmızı kinoa unu) ve Ç3 (%100 siyah sarımsak; %100 Ticari çemen unu) çemenlerin biyoaktif özellikleri sayesinde depolama periyodu boyunca pastırmada oksidatif reaksiyonları geciktirme anlamında güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.9 Pastırma Örneklerinin TBARS Değerleri Üzerine M×DP Interaksiyonunun Etkisi

Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$, Tukey testi).

4.5.10 Protein Oksidasyonu

Protein oksidasyonu gıdaların besinsel, fonksiyonel ve sindirilebilirlik özelliklerini azaltmanın yanı sıra duyusal özelliklerde meydana gelen değişim ve okside proteinlerin ve amino asitlerin alımının bir sonucu olarak potansiyel güvenlik endişelerine sebep olmaktadır (Soladoye ve ark., 2015; Estévez ve ark., 2019). Karbonilasyon, proteinlerdeki oksidatif hasarın en dikkat çekici ifadelerinden biridir ve farklı yollarla meydana gelebilmektedir. Proteinlerde yerinde karbonil oluşumu (~birincil protein karbonilleri) tipik olarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) hassas amino asitlerin (treonin, lizin, arginin ve prolin) ε-amino grubuna saldırması sonucu meydana gelir. Bu olay, protein karbonilasyonu için ana mekanizma olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, proteinlerin lipid oksidasyonu ürünleri ile reaksiyonları neticesinde de karbonil grupları (~ikincil protein karbonilleri) oluşabilmektedir. Özellikle malondialdehit (MDA) ve 4-hidroksi-non-2-enal (4-HNE), proteine bağlı lizinlerden ε-amino grupları ile tam olarak reaksiyona girerek proteinlerle kovalent bağlar oluşturur. Bunların dışında, indirgen şekerlerin varlığında enzimatik olmayan glikasyon ve α-amidasyon yolu veya glutamil yan zincirlerinin oksidasyonu yoluyla peptit omurgasının oksidatif bölünmesi karbonillerin oluşum mekanizmalarındandır (Estevez, 2011; Estevez ve ark., 2019).

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların karbonil içerikleri depoma periyodu boyunca 2.17-3.65 nmol/mg protein aralığında değişmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu, blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun örneklerin karbonil içerikleri üzerine çok önemli ($P<0.01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir (EK-9).

Pastırmaların karbonil içeriklerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33'de sunulmuştur. En yüksek ortalama karbonil içerikleri önemsiz farklılıklarla ($P>0.05$) Kontrol ve P1 gruplarında, en düşük ortalama değerler ise P3 örneğinde tespit edilmiştir ($P<0.05$). Kontrol pastırma örnekleri için karbonil içeriği bulguları, literatürde pastırma için bildirilen bazı çalışmalarla (Ayas ve ark., 2020; Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023) uyumlu, Erdemir (2017) tarafından bildirilen değerlerden ise yüksektir.

Çizelge 4.32 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Karbonil İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Karbonil içeriği (nmol/mg protein)
Kontrol	30	3.10 ± 0.28^{a}
P1	30	3.04 ± 0.24^{a}
P2	30	2.65 ± 0.20^{b}
P3	30	2.44 ± 0.16^{c}

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

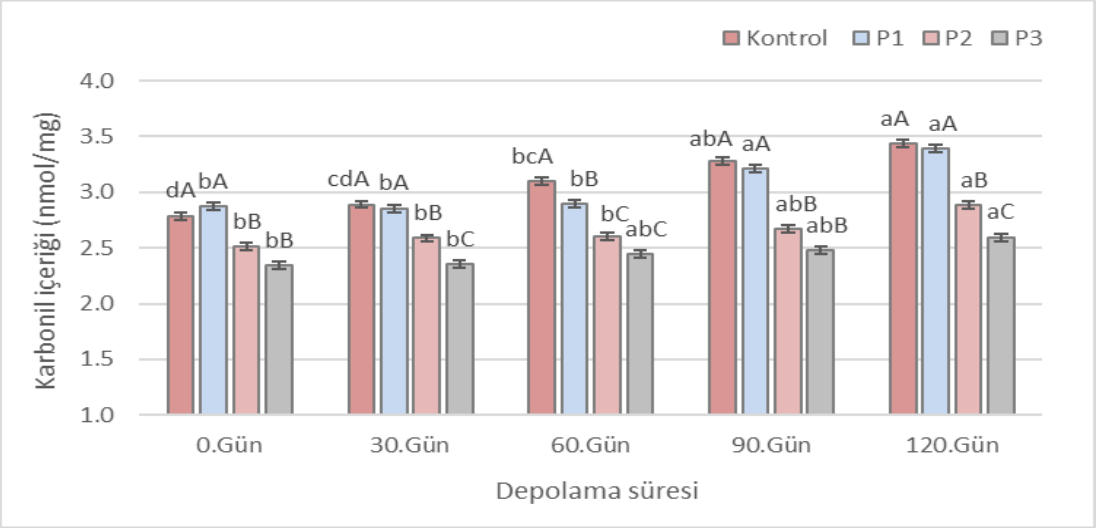
Depolama başlangıcında pastırma örneklerinde ortalama 2.63 ± 0.27 nmol/mg protein olan karbonil içeriğinde 30. günde çok fazla değişiklik meydana gelmemiş, takip eden depolama periyodu boyunca ise artarak depolama sonunda (120.gün) 3.08 ± 0.37 nmol/mg protein olarak belirlenmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.33 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Karbonil İçeriklerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Karbonil içeriği (nmol/mg protein)
0	24	2.63 ± 0.27^{d}
30	24	2.67 ± 0.26^{d}
60	24	2.76 ± 0.28^{c}
90	24	2.91 ± 0.38^{b}
120	24	3.08 ± 0.37^{a}

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Pastırma örneklerinin karbonil içerikleri üzerine M×DP interaksiyonunun etkisi Şekil 4.10'da sunulmuştur. Depolama başlangıcında P2 ve P3 örneklerinin karbonil içeriği diğer muamele gruplarına kıyasla daha düşük belirlenmiştir ($P<0.05$). Depolamanın 60. günündeki farklılık hariç olmak üzere tüm depolama periyodu boyunca Kontrol ve P1 gruplarının benzer karbonil içeriğine sahip olduğu ($P>0.05$), bununla birlikte genellikle en düşük ($P<0.05$) karbonil içeriklerine %100 siyah sarımsak ve %100 kırmızı kinoa unu içeren çemen formülasyonu ile kaplanan P3 grubunun sahip olduğu tespit edilmiştir. Karbonil içeriğin tüm uygulamalarda depolama sırasında arttığı, ancak bu artışın Kontrol ve P1 gruplarında daha fazla olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Depolama sonunda, P2 ve P3 pastırmaların karbonil içeriği diğer örneklere göre daha düşük saptanmıştır.



Şekil 4.10 Pastırma Örneklerinin Karbonil İçerikleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi

Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$, Tukey testi).

Buna göre, çemen formülasyonuna siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu ilavesi pastırmanın protein oksidasyonu üzerinde inhibe edici bir etki göstermiştir. Bu azalma, biyoaktif bileşiklerin karbonil oluşumunu engelleyici etkisine atfedilebilir (Rysman ve ark., 2016). Ayrıca, lipid oksidasyon ürünlerinin protein oksidasyonunu tetiklediği düşünüldüğünde, Kontrol ve P1 gruplarındaki yüksek karbonil içeriği bu gruplarda daha yüksek lipid oksidasyonunun (Çizelge 4.30, Şekil 4.9) bir sonucu olabilir. Lipid ve protein oksidasyonu arasında karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Lipid oksidasyon ürünleri protein karbonillerinin oluşumuna dahil olurken, protein oksidasyonundan

üretilen ROS doymamış lipitlere saldırabilir. Lipidler ve proteinler arasında reaktif ve reaktif olmayan türlerin karşılıklı transferi nedeniyle lipid ve protein oksidasyonu birbirini etkileyip teşvik edebilmektedir (Estevez, 2011; Yang ve ark., 2022). Bu nedenle, lipid ve protein oksidasyonu birlikte veya bağımsız olarak et rengini ve stabilitesini olumsuz etkileyebilmektedir.

Erdemir (2017) farklı seviyelerde (%1-3) potasyum laktat kullanılarak üretilen pastırmalarda protein oksidasyonu değerlerinin (1.07-3.62 nm karbonil/mg protein) hammaddeye (0.38-1.96 nm karbonil/mg protein) kıyasla arttığını, %2 ve %3 potasyum laktat ile muamele edilen pastırmalarda protein oksidasyonunun kontrole kıyasla azaldığını belirlemiştir. Pastırma üretim sürecinin protein oksidasyonunu hammaddeye göre artırdığı, bununla birlikte çemen formülasyonuna farklı meyve ve sebze ekstraktları (kırmızı lahana, ahududu, nar, kırmızı pancar) ilavesinin pastırmada protein oksidasyonu değerlerini önemli etkilemediği bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023). Ayas ve ark. (2022) farklı ambalajlama yöntemleri uyguladıkları dilimlenmiş pastırmalarda, başlangıçta 3.38 nmol/mg protein olan karbonil içeriğinin 180 günlük depolama periyodu boyunca tüm uygulamalarda hafif arttığını, en düşük protein oksidasyonunun vakum altında çok katlı malzeme ile paketlenen ürünlerde gerçekleştiğini belirlemiştir.

4.5.11 Nitrozomyoglobin (NOMb) Konsantrasyonu ve Kürleme Etkinliği

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların depoma periyodu boyunca NOMb konsantrasyonunun 53.7-140.7 ppm ve kürleme etkinliğinin %19.65-59.65 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu, blok, ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun örneklerin NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliği değerleri üzerine çok önemli ($P<0.01$) etkileri gözlenmiştir (EK-9).

Çizelge 4.34'de pastırmaların NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliği değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları sunulmuştur. En yüksek ortalama NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliği değerleri sırasıyla 105.54±18.35 ppm ve %46.68±8.22 ve ile P3 grubunda belirlenmiştir ($P<0.05$). Öte yandan, Kontrol pastırmalarda P1 örneklerine kıyasla daha yüksek ($P<0.05$) ortalama

NOMb konsantrasyonuna rağmen ortalama kürleme etkinliği değerleri açısından Kontrol ve P1 örnekleri arasında farklılık yoktur (P>0.05).

Çizelge 4.34 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların NOMb Konsantrasyonu ve Kürleme Etkinliğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	NOMb (ppm)	Kürleme Etkinliği (%)
Kontrol	30	81.04±14.64^{d}	31.02±7.01^{c}
P1	30	76.67±13.66^{c}	30.63±6.75^{c}
P2	30	97.64±13.69^{b}	40.72±7.04^{b}
P3	30	105.54±18.35^{a}	46.68±8.22^{a}

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.35'deki Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre, depolamanın 30. gününde en yüksek olan ortalama NOMb konsantrasyonu (106.49±14.88 ppm) ve kürleme etkinliği (%44.48±7.66) değerleri, takip eden depolama periyodu boyunca azalarak 120. günde en düşük seviyede tespit edilmiştir (P<0.05).

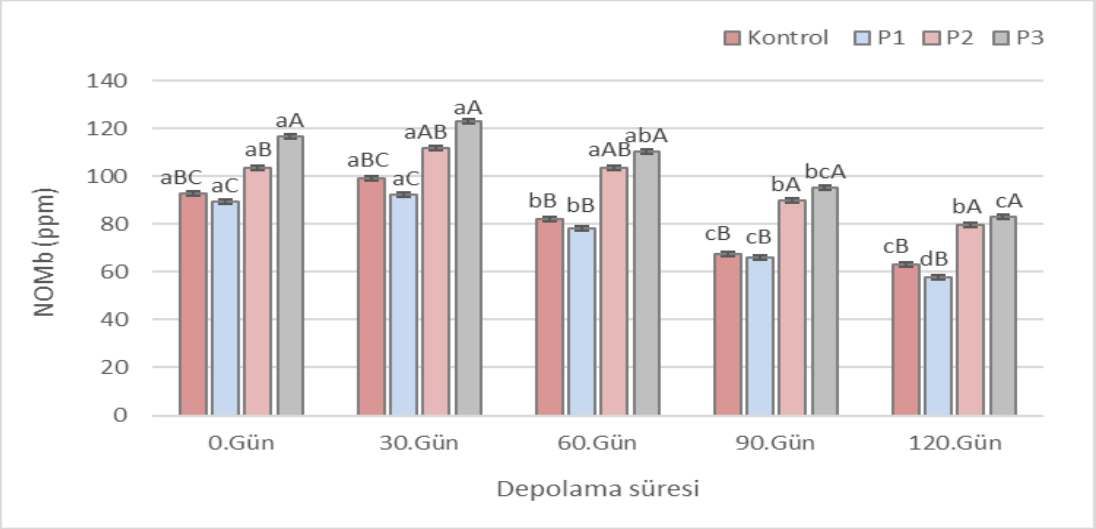
Çizelge 4.35 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen NOMb Konsantrasyonu ve Kürleme Etkinliğine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	NOMb (ppm)	Kürleme Etkinliği (%)
0	24	100.53±13.14^{b}	43.14±6.25^{b}
30	24	106.49±14.88^{a}	44.48±7.66^{a}
60	24	93.53±15.70^{c}	39.63±8.91^{c}
90	24	79.73±14.77^{d}	32.11±7.78^{d}
120	24	70.86±11.41^{e}	26.94±5.78^{e}

^{a,e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Pastırma örneklerinin NOMb içeriği ve kürleme etkinliği değerleri üzerine M×DP interaksiyonunun etkisi sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Depolamanın 0 ve 30. günlerinde Kontrol ve P1 gruplarının benzer (P>0.05) NOMb içeriğe sahip olduğu, takip eden periyotlarda azaldığı tespit edilmiştir (P<0.05). Öte yandan, P3 ve P2 gruplarının NOMb içeriğinin depolamanın 90. gününe kadar önemli derecede korunduğu gözlenmiştir. Toplam pigment içeriğindeki azalma, depolama sırasında oksijen varlığı, ışığa maruz kalma ve sıcaklıktan etkilenen protein oksidasyonundan (hem pigmentleri) kaynaklanmaktadır (Ozaki ve ark., 2020). Başlangıç değerlere kıyasla, depolama periyodu boyunca en düşük NOMb konsantrasyon genellikle 120. günde belirlenmiş (P<0.05), Kontrol, P1, P2 ve P3

örneklerinin NOMb içeriklerindeki azalma sırasıyla %31.89, %35.32, %23.12 ve %28.87 oranında gerçekleşmiştir. Bununla birlikte depolama periyodu sonunda Kontrol ile P1, P3 ile P2 örneklerinin NOMb içerikleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık yoktur (P>0.05).

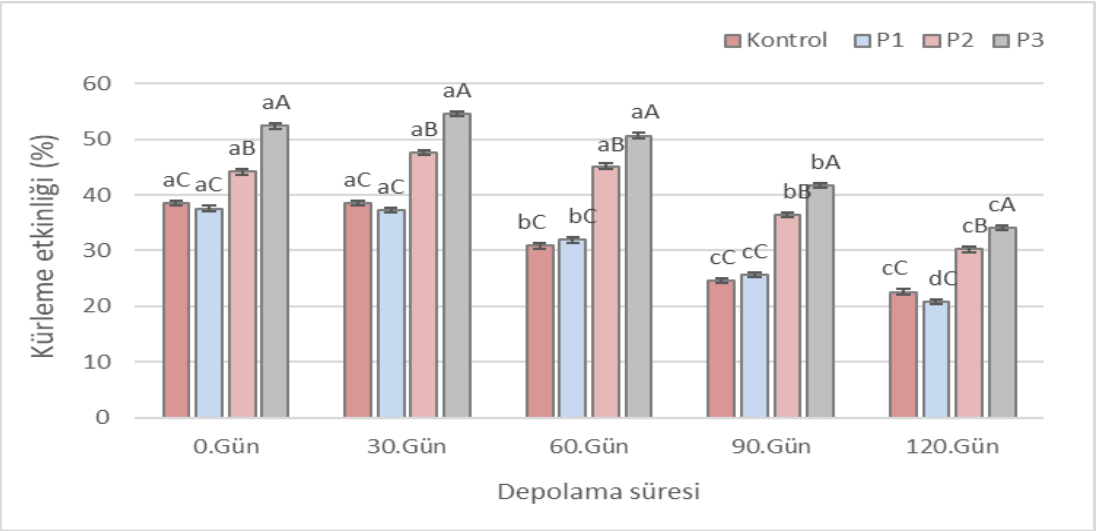


Şekil 4.11 Pastırma Örneklerinin NOMb İçeriği Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi

Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir (P < 0.05, Tukey testi).

Benzer sonuçlar kürleme etkinliği sonuçları için de gözlenmiştir. Tüm depolama periyodu boyunca en düşük (P<0.05) kürleme etkinliği benzer (P>0.05) değerlere sahip Kontrol ve P1 örneklerinde olup, kürleme etkinliği açısından azalan hiyerarşi P3 > P2 > P1=Kontrol şeklinde (P<0.05) belirlenmiştir. Kontrol ve P1 örneklerinin kürleme etkinliği 60. günden itibaren azalırken, P2 ve P3 grupları için kürleme etkinliği 90. güne kadar sürmüştür. Bununla birlikte, depolamanın 120. gününde kürleme etkinliği açısından Kontrol ile P1 örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık olmadığı (P>0.05), depolama periyodu sonunda en yüksek kürleme etkinliğine P3 grubunun sahip olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Bu sonuçlar, özellikle yüksek oranda siyah sarımsak içeren çemen formülasyonları ile üretilen pastırmalarda pigment oksidasyonundaki azalmanın bir sonucu olarak NOMb içeriğin kontrole kıyasla daha iyi korunduğunu göstermiştir. Ayrıca, siyah sarımsaklı çemenler ile üretilen pastırma örneklerinde diğer gruplara kıyasla daha düşük pH değerleri NOMb oluşumuna katkı sunmuş olabilir (Ekmekçi, 2012). Benzer şekilde, Gür Yağlı ve Ertaş (1998) kürleme sırasında farklı miktarlarda (150-450 ppm) sodyum askorbat

ile muamele edilen pastırmaların NOMb içeriğini ve kürleme etkinliğini sırasıyla 85.18-104.52 ppm ve %48.77-62.31 aralığında belirlemiştir. Farklı tuz oranları kullanılarak üretilen pastırmaların NOMb içerikleri 94.1-152.2 ppm olarak bildirilmiştir (Ekmekçi, 2012). Fermente kuru sosislerde potansiyel nitrit ikamesi olarak, turp ve pancar tozlarının kullanımını araştıran bir çalışmada, işleme sırasında artan NOMb içerik ve kürleme etkinliğinin, depolama periyodu boyunca önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir (Ozaki ve ark., 2021). Predescu ve ark. (2018) fenoliklerle muamele edilen sosislerde kalıntı nitrit içeriğin azaldığını ve kürleme etkinliğinin arttığını bildirmiştir.



Şekil 4.12 Pastırma Örneklerinin Kürleme Etkinliği Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi

Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$, Tukey testi).

4.5.12 Renk Değerleri

4.5.12.1 Dış yüzey *L** Değerleri

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların dış yüzey parlaklık (*L**) değerleri depolama periyodu boyunca 20.12-26.76 aralığında değişmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele ve depolama periyodunun örneklerin dış yüzey *L** değerleri üzerine etkileri çok önemli ($P<0.01$), blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonun etkileri ise önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (EK-10).

Çizelge 4.36'da pastırmaların dış yüzey *L** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir. En yüksek dış yüzey *L** değerleri P1

(24.63±1.31) örneğinde, en düşük değerler ise P3 (22.10±0.88) örneğinde belirlenmiştir (P<0.05). Bu sonuçlara göre, çemen formülasyonlarında siyah sarımsak kullanımı ile pastırmanın dış yüzey *L** değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bu durum, siyah sarımsağın taze sarımsağa kıyasla düşük *L** değerinden dolayı beklenen bir sonuçtur. Bununla birlikte, taze sarımsak ve siyah sarımsağın eşit oranda kullanıldığı formülasyonlarla üretilen pastırmalarda kontrol gruba yakın dış yüzey *L** değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, çemen unu karışımlarında düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu kullanımının pastırmanın dış yüzey parlaklık değerlerini artırdığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.36 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dış Yüzey ***L**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	*L** Değeri (Dış yüzey)
Kontrol	30	24.04±1.57[b]
P1	30	24.63±1.31[a]
P2	30	23.16±1.12[c]
P3	30	22.10±0.88[d]

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen dış yüzey ***L**** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir. Depolama periyodu ilerledikçe kademeli olarak azalan dış yüzey ***L**** değerleri için en yüksek değerler 24.75±1.41 ile depolama başlangıcında, en düşük değerler ise 22.20±1.09 ile depolama sonunda tespit edilmiştir (P<0.05). Benzer şekilde, Aksu ve ark. (2023) liyofilize nar su ekstraktı içeren çemenler ile üretilen pastırmaların dış yüzey *L** değerlerinin 150 gün depolama süresinde azaldığını bildirmiştir.

Çizelge 4.37 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dış Yüzey ***L**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	*L** Değeri (Dış yüzey)
0	24	24.75±1.41[a]
30	24	24.27±1.52[b]
60	24	23.38±1.22[c]
90	24	22.81±1.06[d]
120	24	22.20±1.09[e]

[a,e] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.12.2 Dış yüzey *a** Değerleri

Pastırmanın dış yüzey rengi tüketicinin algıladığı ilk özellik olduğundan pastırma için çok önemli bir kalite kriteridir. Genellikle dış yüzey renginde depolama sırasında kayıplar meydana geldiğinden arzu edilen kırmızılığın sağlanması için sentetik veya böcek bazlı renklendiriciler yaygın olarak kullanılmaktadır (Aksu ve ark., 2021). Bu bağlamda, kırmızılığı ifade eden *a** değeri pastırma için önemli bir renk parametresidir.

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların depolama periyodu boyunca 3.64-7.11 arasında değişen dış yüzey *a** değerleri varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonundan çok önemli ($P<0.01$) etkilenmiştir (EK-10).

Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre (Çizelge 4.38), en düşük ve en yüksek ($P<0.05$) ortalama dış yüzey *a** değeri sırasıyla P3 ve P1 örneklerinde belirlenirken, Kontrol ile P1 ve P2 pastırma grupları arasında ortalama dış yüzey *a** değeri açısından istatistiksel olarak fark olmadığı ($P>0.05$) gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre, çemen formülasyonunda yalnızca siyah sarımsak kullanımının pastırmanın dış yüzey renk değerlerini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.38 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dış Yüzey ***a**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	*a** Değeri (Dış yüzey)
Kontrol	30	5.28 ± 1.03^{ab}
P1	30	5.41 ± 0.90^{a}
P2	30	5.14 ± 0.71^{b}
P3	30	4.51 ± 0.63^{c}

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

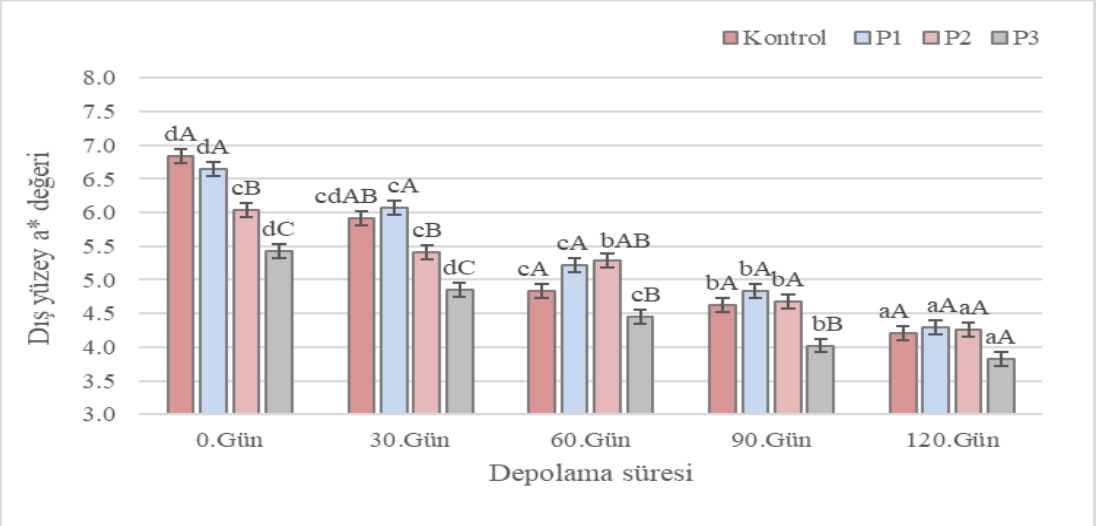
Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen dış yüzey ***a**** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.39'da gösterilmiştir. Depolama periyodu ilerledikçe pastırma örneklerinin dış yüzey ***a**** değerleri başlangıca (6.24 ± 0.61) kıyasla kademeli olarak azalma meydana gelmiş, en düşük ortalama değer 4.15 ± 0.36 ile depolamanın 120. gününde kaydedilmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.39 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dış Yüzey *a** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	*a** Değeri (Dış yüzey)
0	24	6.24±0.61[a]
30	24	5.56±0.58[b]
60	24	4.95±0.46[c]
90	24	4.54±0.42[d]
120	24	4.15±0.36[e]

[a,e] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Şekil 4.13'de pastırma örneklerinin dış yüzey *a** değerleri üzerine çok önemli etkisi gözlenen M×DP interaksiyonu sunulmuştur. Depolama başlangıcında, en yüksek dış yüzey *a** değerleri önemsiz (P>0.05) farklılıklarla Kontrol ve P1 gruplarında, en düşük değerler ise P3 örneğinde belirlenmiştir (P<0.05). Depolama periyodu ilerledikçe tüm muamele gruplarının dış yüzey *a** değerlerinde azalma meydana gelmiş, ancak bu azalmanın P1 ve P2 gruplarında diğer örneklere nazaran daha sınırlı olduğu gözlenmiştir. Bu durum, P1 ve P2 gruplarının kaplandığı çemenlerin enstrümental renk değerlerine atfedilebilir (Çizelge 4.13). Depolamanın 90. gününde P3 örneği hariç diğer gruplar, 120. günde ise tüm pastırma örneklerinin benzer dış yüzey *a** değerlerine sahip olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.13 Pastırma Örneklerinin Dış Yüzey *a** Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi

Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir (P < 0.05, Tukey testi).

Bu sonuçlara göre, yüksek başlangıç dış yüzey *a** değerlerine sahip örneklerde dahi depolama periyodu boyunca renk stabilitesinin sağlanamadığı ve arzu edilen kırmızılık özelliğinde büyük ölçüde kayıp olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre, kontrole en yakın dış yüzey *a** değerleri sunan P1 ve P2 pastırma gruplarının başlangıç renk değerleri üzerindeki olumsuz etkisinin depolama süreci göz önüne alındığında tolere edilebilir olduğu ifade edilebilir. Mevcut bulgular, pastırmanın dış yüzey *a** değerlerinin depolama sırasında azaldığını bildiren benzer çalışmalarla uyumludur (Aksu ve ark., 2022, 2023).

4.5.12.3 Dış yüzey *b** Değerleri

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların dış yüzey *b** değerlerinin depolama periyodu boyunca 3.48-8.47 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele ve depolama periyodunun örneklerin dış yüzey *b** değerleri üzerine etkileri çok önemli ($P<0.01$), blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonun etkileri ise önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (EK-10).

Çizelge 4.40'da pastırmaların dış yüzey *b** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir. En yüksek dış yüzey *b** değerleri P1 (6.47±1.02) örneğinde, en düşük değerler ise önemsiz ($P>0.05$) farklılıklarla P2 (4.72±0.75) ve P3 (4.55±0.92) örneklerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlar, çemen unu karışımlarında düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu kullanımının pastırmanın dış yüzey *b** renk değerlerini artırdığını göstermiştir. Bununla birlikte, çemen formülasyonlarında siyah sarımsak kullanımı ile pastırmanın dış yüzey *b** değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Bu durum, siyah sarımsak ve siyah sarımsak içeren çemenlerin taze sarımsaklı gruplara kıyasla düşük *b** değerlerine bağlanabilir (Çizelge 4.3, Çizelge 4.13).

Çizelge 4.40 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dış Yüzey ***b**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	*b** Değeri (Dış yüzey)
Kontrol	30	5.89 ± 1.05^{b}
P1	30	6.47 ± 1.02^{a}
P2	30	4.72 ± 0.75^{c}
P3	30	4.55 ± 0.92^{c}

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen dış yüzey *b** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.41'de görülmektedir. Depolama başlangıcında 6.72±0.96 olan ortalama dış yüzey ***b**** değerleri depolama periyodu ilerledikçe kademeli olarak azalarak depolama sonunda ortalama 4.69±0.79 olarak belirlenmiştir (P<0.05). Bununla birlikte, pastırma örneklerinin depolamanın 60. gününen itibaren benzer (P>0.05) dış yüzey *b** değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Mevcut çalışma bulguları ile uyumlu olarak, farklı konsantrasyonlarda ahududu ve nar su ekstraktı içeren çemenler ile üretilen pastırmalarda, dış yüzey *b** değerinin depolama periyodu boyunca önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2022, 2023).

Çizelge 4.41 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dış Yüzey ***b**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	*b** Değeri (Dış yüzey)
0	24	6.72±0.96[a]
30	24	5.87±1.14[b]
60	24	4.86±0.88[c]
90	24	4.90±1.05[c]
120	24	4.69±0.79[c]

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.12.4 Kesit Yüzey *L** Değerleri

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların kesit yüzey *L** değerleri depolama periyodu boyunca 30.19-36.32 aralığında değişmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele ve depolama periyodunun örneklerin kesit yüzey *L** değerleri üzerine etkileri çok önemli (P<0.01), blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun etkileri ise önemsiz (P>0.05) bulunmuştur (EK-10).

Çizelge 4.42'de pastırmaların kesit yüzey *L** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir. En yüksek kesit yüzey *L** değerleri önemsiz (P>0.05) farklılıklarla P1 (33.13±1.50) ve P2 (32.82±1.26) gruplarında, en düşük değerler ise benzer (P>0.05) değerlere sahip Kontrol ve P3 örneklerinde belirlenmiştir (P<0.05). Bu sonuçlara göre, çemen formülasyonlarında siyah sarımsak kullanımı ile pastırmanın kesit yüzey *L** değerlerinin kontrole kıyasla değişmediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, formülasyonda düşük oranda (%18.5)

kırmızı kinoa unu veya eşit oranda taze sarımsak ve siyah sarımsak içeren çemenler (Ç1 ve Ç2) ile pastırmada kontrol gruba kıyasla daha yüksek kesit yüzey *L** değerleri yani daha parlak renk elde edilmiştir. Benzer şekilde, Ahhmed ve ark. (2017) geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso olarak bilinen Japonlara özgü fermente edilmiş soya fasulyesi macunu ile üretilen pastırmaların *L** değerlerinin ticari pastırmaya kıyasla arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.42 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dilim Yüzey ***L**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	*L** Değeri (Dilim yüzey)
Kontrol	30	31.60±0.95[b]
P1	30	33.13±1.50[a]
P2	30	32.82±1.26[a]
P3	30	32.16±1.37[b]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen kesit yüzey ***L**** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.43'de verilmiştir. Pastırma numunelerinin kesit yüzey ***L**** değerlerinin depolamanın 90. gününe kadar benzer (P>0.05) olduğu belirlenmiş, en düşük (P<0.05) değerler önemsiz farklılıklarla 90 ve 120. günlerde saptanmıştır. Bu sonuçlar, geleneksel çemen kaplamaya alternatif olarak kitosan kaplama uygulanan pastırmaların *L** değerlerinde depolama periyodu boyunca azalma olduğunu bildiren Abdallah ve ark. (2017) ile uyumludur.

Çizelge 4.43 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dilim Yüzey ***L**** Değerlerine Ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	*L** Değeri (Dilim yüzey)
0	24	33.00±1.27[a]
30	24	33.21±1.58[a]
60	24	32.62±1.28[a]
90	24	31.53±1.02[b]
120	24	31.77±1.05[b]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.12.5 Kesit Yüzey *a** Değerleri

Dilimlenmiş pastırma numunelerinde üretim koşulları ve süresi, kürleme yöntemi ve süresi, çemen formülasyonu, kürleme bileşenleri (nitrit, nitrat, tuz ve askorbik asit), depolama periyodu, depolama koşulları ve mikrobiyolojik kalite kırmızılık değerini etkilemektedir (Uğuz ve ark., 2011; Aksu ve ark., 2022). Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların depolama periyodu boyunca 16.80-23.44 arasında değişen dış yüzey *a** değerleri varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu, blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonundan çok önemli ($P<0.01$) etkilenmiştir (EK-10).

Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre (Çizelge 4.44), en yüksek ve en yüksek ortalama kesit yüzey *a** değeri sırasıyla P3 ve P1 örneklerinde belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlara göre, çemen formülasyonda siyah sarımsak ve yüksek oranda kırmızı kinoa unu kullanımı pastırmanın kesit yüzey kırmızılık değerlerini geliştirmiştir.

Çizelge 4.44 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dilim Yüzey ***a**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	*a** Değeri (Dilim yüzey)
Kontrol	30	19.00 ± 0.86^{c}
P1	30	18.74 ± 1.03^{d}
P2	30	21.34 ± 1.03^{b}
P3	30	21.68 ± 1.01^{a}

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen kesit yüzey ***a**** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.45'de gösterilmiştir. Depolamanın 30. gününe kadar çok fazla değişmeyen ($P>0.05$) kesit yüzey ***a**** değerlerinde takip eden periyotlarda başlangıca (20.82 ± 1.46) kıyasla kademeli olarak azalma meydana gelmiş, en düşük ($P<0.05$) ortalama değer 19.40 ± 1.89 ile depolamanın 120. gününde kaydedilmiştir. Elde edile bulgular, pastırmanın kesit yüzey *a** değerlerinin depolama sırasında azaldığını bildiren benzer çalışmalarla uyumludur (Gök ve ark., 2008; Abdallah ve ark., 2017; Ayas ve ark., 2020).

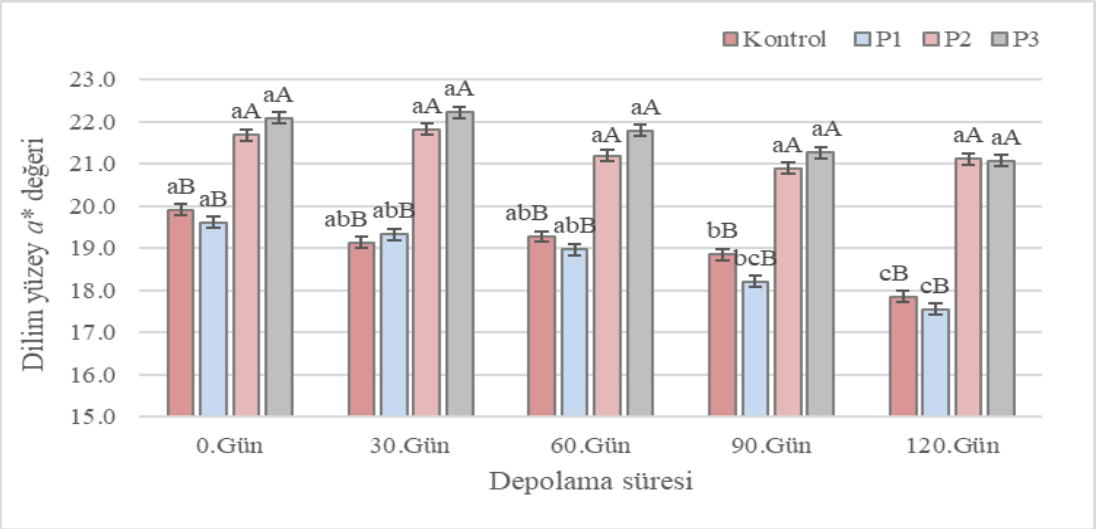
Çizelge 4.45 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dilim Yüzey ***a**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	*a** Değeri (Dilim yüzey)
0	24	20.82±1.46[a]
30	24	20.62±1.60[a]
60	24	20.30±1.41[b]
90	24	19.81±1.56[c]
120	24	19.40±1.89[d]

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Şekil 4.14'de pastırma örneklerinin kesit yüzey *a** değerleri üzerine çok önemli etkisi gözlenen M×DP interaksiyonu verilmiştir. Depolama başlangıcında, en düşük kesit yüzey *a** değerleri önemsiz (P>0.05) farklılıklarla Kontrol ve P1 gruplarında, en yüksek değerler ise P2 ve P3 örneklerinde belirlenmiştir (P<0.05). Bununla birlikte, tüm depolama periyodu boyunca Kontrol-P1 ve P2-P3 gruplarının benzer (P>0.05) kesit yüzey *a** değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Özellikle 90. günden itibaren daha belirgin olmak üzere depolama periyodu ilerledikçe Kontrol ve P1 muamele gruplarının kesit yüzey *a** değerlerinde önemli (P<0.05) azalma meydana gelmiş, ancak P2 ve P3 gruplarının depolama periyodu boyunca belirlenen kesit yüzey *a** değerleri arasında farklılık tespit edilmemiştir (P>0.05). Başka bir ifadeyle, pastırma üretiminde optimize Ç2 ve Ç3 çemen formülasyonlarının kulanımı, depolama periyodu boyunca pastırmanın kesit yüzey *a** değerlerini başlangıç değerlere kıyasla korumuştur. Bu durum, P2 ve P3 gruplarının ve kaplandığı çemenlerin biyoaktif özelliklerine atfedilebilir (Çizelge 4.14; Çizelge 4.24).

Kürlenmiş et ürünlerinin karakteristik kırmızı rengi tüketiciler için en önemli özelliklerden biridir ve oluşumu nitritlerin miyoglobindeki demir ile reaksiyona giren nitrik okside indirgenmesinden kaynaklanır (Ozaki ve ark., 2020). Kürleme etkinliği (pigment dönüşüm oranı) oluşan pigment miktarını gösterir ve tüm toplam pigmentlerin (% hematin) nitroso pigmentlere dönüştürülme olasılığına dayanmaktadır. Genel olarak, yüksek kürleme etkinliği daha kırmızı renk görünümü sunar (Ozaki ve ark., 2021). Mevcut çalışmada, P3 örneğinde kontrol gruba kıyasla daha yüksek NOMb içeriği ve kürleme etkinliği, daha düşük TBARS ve protein oksidasyonu değerlerinin yanı sıra yüksek biyoaktif özellikler pastırma örneklerinin kesit yüzey *a** değerlerinde artış ve depolama periyodu boyunca stabilite ile sonuçlanmıştır.



Şekil 4.14 Pastırma Örneklerinin Kesit Yüzey *a** Değerleri Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi

Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$, Tukey testi).

Bu sonuçlarla uyumlu olarak, farklı meyve ve sebze ekstraktları (kırmızı lahana, ahududu, nar, kırmızı pancar) içeren çemenler ile üretilen pastırmalarda kontrole kıyasla *a** değerlerinin arttığı ve depolama periyodu boyunca kırmızılık kaybının azaldığı bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023). Benzer şekilde, geleneksel çemene alternatif olarak kitosanın yanı sıra aljinat ve jelatin-bazlı kaplama uygulanan pastırmaların *a** değerlerinde kontrole kıyasla artış meydana geldiği ve depolama periyodu boyunca renk stabilitesinin geliştiği bildirilmiştir (Abdallah ve ark., 2017, 2018). Öte yandan, Ahhmed ve ark. (2017) geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso macunu ile üretilen pastırmaların *a** değerlerinin ticari pastırmaya kıyasla azaldığını bildirmiştir. Rosario ve ark. (2020), kuru kürlenmiş domuz filetolarda kırmızılık (*a**) kaybının yüksek protein ve lipit oksidasyonu ile ilişkili olduğunu ifade etmiştir.

4.5.12.6 Kesit Yüzey *b** Değerleri

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların kesit yüzey *b** değerleri depolama periyodu boyunca 4.98-10.67 aralığında belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele ve depolama periyodunun örneklerin kesit yüzey *b** değerleri üzerine etkileri çok önemli ($P<0.01$), blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonun etkileri ise önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (EK-10).

Pastırmaların dilim yüzey *b** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.46'da gösterilmiştir. En düşük kesit yüzey *b** değerleri önemsiz (P>0.05) farklılıklarla Kontrol (6.78±0.49) ve P1 (6.71±0.57) gruplarında, en yüksek değer ise P3 (8.83±0.72) örneğinde belirlenmiştir (P<0.05). Bu sonuçlara göre, formülasyonda düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu içeren çemenlerin pastırmanın kesit yüzey *b** değerlerini etkilemediği gözlenmiştir. Bununla birlikte, çemen formülasyonlarında siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı ile pastırmanın kesit yüzey *b** değerlerinin kontrole kıyasla arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, farklı kaplama materyalleri (kitosan, aljinat, jelatin-bazlı kaplama) uygulanan pastırmaların *b** değerlerinde kontrole kıyasla artış meydana geldiği bildirilmiştir (Abdallah ve ark., 2017, 2018). Başka bir çalışmada, Ahhmed ve ark. (2017) geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso macunu ile üretilen pastırmaların *b** değerlerinin ticari pastırmaya kıyasla arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.46 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Dilim Yüzey ***b**** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	***b**** Değeri (Dilim yüzey)
Kontrol	30	6.78 ± 0.49^{c}
P1	30	6.71 ± 0.57^{c}
P2	30	7.92 ± 0.79^{b}
P3	30	8.83 ± 0.72^{a}

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.47'de pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen kesit yüzey *b** değerlerine ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları görülmektedir. Pastırma numunelerinin kesit yüzey ***b**** değerlerinin depolamanın 90. gününe kadar benzer (P>0.05) olduğu belirlenmiş, depolama periyodu boyunca en düşük (P<0.05) değerler önemsiz (P>0.05) farklılıklarla 90 ve 120. günlerde saptanmıştır. Benzer bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda nar ve kırmızı lahana su ekstraktı içeren çemenler ile üretilen pastırmalarda, kesit yüzey *b** değerinin depolama periyodu boyunca azaldığı bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020d, 2023). Öte yandan, Abdallah ve ark. (2017, 2018) ise farklı kaplama materyalleri (kitosan, aljinat, jelatin-bazlı kaplama) uygulanan pastırmaların *b** değerlerinin depolama periyodu boyunca arttığını tespit etmiştir.

Çizelge 4.47 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Dilim Yüzey *b** Değerlerine ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	*b** Değeri (Dilim yüzey)
0	24	7.66±0.95[a]
30	24	7.82±1.13[a]
60	24	7.98±1.11[a]
90	24	7.10±1.27[b]
120	24	7.24±0.74[b]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.13 Mikrobiyoloji Bulguları

4.5.13.1 Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB)

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların TAMB sayımları depolama periyodu boyunca 6.48-7.90 log kob/g aralığında değişmiştir. Varyasyon kaynaklarından, depolama periyodu ve blok örneklerin TAMB sayımlarını çok önemli (P<0.01), muamele ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonu ise önemsiz (P>0.05) etkilemiştir (EK-11).

Çizelge 4.48'de verilen Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçlarına göre, tüm muamele gruplarının benzer TAMB sayımlarına sahip olduğu tespit edilmiştir (P>0.05). Benzer şekilde, farklı meyve ve sebze ekstraktları (kırmızı lahana, ahududu, nar, kırmızı pancar) içeren çemenler ile üretilen pastırmaların TAMB sayımlarının kontrole benzer olduğu bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023). Öte yandan, Abdallah ve ark. (2017, 2018) farklı kaplama materyalleri (kitosan, aljinat, jelatin-bazlı kaplama) uygulanan pastırmaların aerobik bakteri sayımlarının kontrole kıyasla azaldığını, Ahhmed ve ark. (2017) ise geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso macunu ile üretilen pastırmaların TAMB sayımlarının ticari pastırmaya kıyasla arttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.48 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların TAMB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	TAMB (log kob/g)
Kontrol	30	7.27±0.25[a]
P1	30	7.20±0.32[a]
P2	30	7.23±0.29[a]
P3	30	7.14±0.24[a]

[a] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen TAMB sayımlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.49'da gösterilmiştir. En düşük TAMB sayımları 7.10±0.30 log kob/g ile depolama başlangıcında, en yüksek sayımlar ise 7.32±0.38 log kob/g ile 30. günde belirlenmiştir ($P<0.05$). Bununla birlikte, takip eden depolama periyotlarında TAMB sayımlarında azalma gözlenmiş, ancak başlangıç değerlere benzer ($P>0.05$) sayımlar saptanmıştır. Mevcut bulgularla uyumlu olarak, farklı konsantrasyonlarda nar ve kırmızı lahana su ekstraktı içeren çemenler ile üretilen pastırmalarda, depolama periyodu boyunca TAMB sayımlarında önemli değişim olmadığı bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020d, 2023). Öte yandan, Abdallah ve ark. (2017, 2018) ise farklı kaplama materyalleri (kitosan, aljinat, jelatin-bazlı kaplama) uygulanan pastırmaların TAMB değerlerinin depolama periyodu boyunca azaldığını tespit etmiştir.

Çizelge 4.49 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen TAMB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	TAMB (log kob/g)
0	24	7.10 ± 0.30^{b}
30	24	7.32 ± 0.38^{a}
60	24	7.25 ± 0.26^{ab}
90	24	7.21 ± 0.16^{ab}
120	24	7.16 ± 0.21^{ab}

^{a,b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

4.5.13.2 *Micrococcus/Staphylococcus* (*M/S*)

Pastırma örneklerinin depolama süresince 5.78-7.86 log kob/g arasında değişen *M/S* sayımları varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonundan çok önemli ($P<0.01$) etkilenmiştir (EK-11). Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların *M/S* sayımlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.50'de gösterilmiştir. En düşük *M/S* sayımları 6.50±0.34 log kob/g ile P3, en yüksek sayımlar ise önemsiz ($P>0.05$) farklılıklarla Kontrol ve P1 gruplarında tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.50 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların *M/S* Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	*M/S* (log kob/g)
Kontrol	30	6.97±0.44[a]
P1	30	7.01±0.51[a]
P2	30	6.66±0.36[b]
P3	30	6.50±0.34[c]

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.51'de pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen *M/S* sayımlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları verilmiştir. En yüksek *M/S* sayımları 7.19±0.34 log kob/g ile depolama başlangıcında, en düşük sayımlar ise 6.34±0.25 ile log kob/g ile depolama sonunda belirlenmiştir (P<0.05). Pastırma örneklerinin depolamanın 30 ve 60. günlerinde ortalama *M/S* sayımları arasında fark gözlenmemiştir (P>0.05).

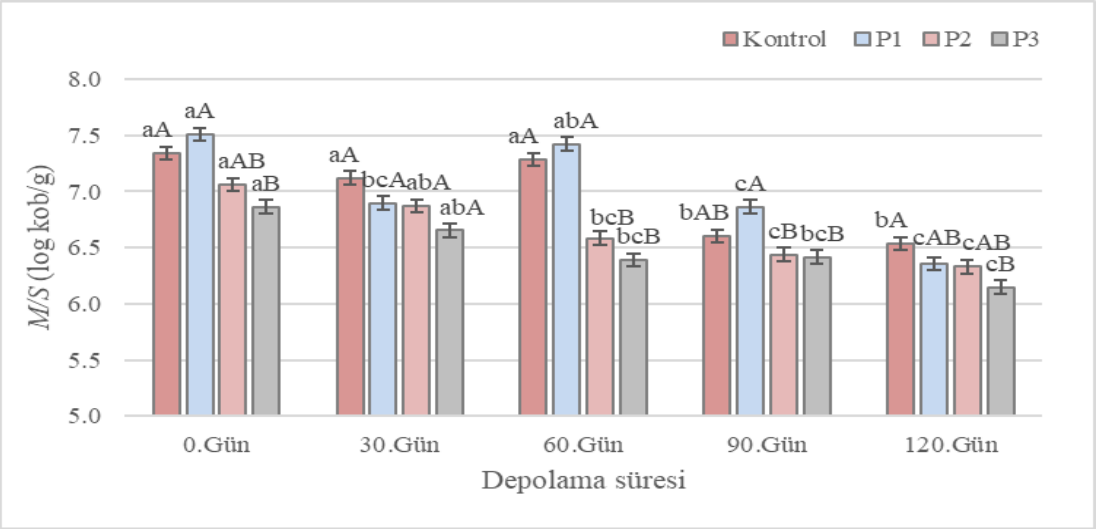
Çizelge 4.51 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen *M/S* Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	*M/S* (log kob/g)
0	24	7.19±0.34[a]
30	24	6.89±0.35[b]
60	24	6.92±0.58[b]
90	24	6.58±0.27[c]
120	24	6.34±0.25[d]

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Şekil 4.15'de pastırma örneklerinin *M/S* sayımları üzerine çok önemli etkisi gözlenen M×DP interaksiyonu verilmiştir. Başlangıç *M/S* sayımları incelendiğinde, en düşük (P<0.05) sayımlar P3 örneğinde belirlenmiş, diğer gruplar arasında istatistiksel anlamda fark bulunamamıştır (P>0.05). Bununla birlikte, depolama periyodu boyunca Kontrol-P1 ve P2-P3 gruplarının benzer (P>0.05) *M/S* sayımlara sahip olduğu saptanmıştır. Özellikle 60. günden itibaren daha belirgin olmak üzere depolama periyodu ilerledikçe örneklerin tüm muamele gruplarının *M/S* sayımlarında önemli (P<0.05) azalma meydana gelmiştir. Benzer sonuçlar, modifiye atmosfer paketleme şartlarında depolanan dilimlenmiş pastırma örneklerinde 150 gün depolama periyodu süresince *M/S* sayımlarının azaldığını belirleyen Aksu ve ark. (2005) tarafından bildirilmiştir. Öte yandan, depolama sonunda en düşük sayımlar P3 gruplarında tespit edilmiştir (P>0.05). *Micrococcus ve Staphylcoccus* asitliğe duyarlı bakteriler

olduğundan (Gimeno ve ark., 2001), siyah sarımsak içeren çemenler kullanılarak üretilen pastırmaların diğer gruplara kıyasla daha düşük pH değerleri, bu pastırma örneğinde daha düşük *M/S* sayımlarından sorumlu olabilir. Bu bağlamda, Aksu ve ark. (2020a) pH'sı 6.67 olan kırmızı pancar su ekstaktının farklı seviyeleri ile muamele edilen çemenler kullanılarak üretilen pastırma örneklerinde kontrole kıyasla daha yüksek *M/S* sayımları saptanmıştır.



Şekil 4.15 Pastırma Örneklerinin *M/S* sayımları Üzerine M×DP İnteraksiyonunun Etkisi

Çubuk grafikteki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir ($P < 0.05$, Tukey testi).

4.5.13.3 Laktik Asit Bakterileri

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların LAB sayımları depolama periyodu boyunca 4.15-6.38 log kob/g aralığında belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu ve blok örneklerin LAB sayımları üzerine çok önemli ($P<0.01$), muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonu ise önemsiz ($P>0.05$) etki göstermiştir (EK-11).

Pastırmaların LAB sayımlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.52'de gösterilmiştir. En yüksek ($P<0.05$) ortalama LAB sayımları 5.60±0.35 log kob/g ile P3 örneğinde belirlenirken, diğer muamele gruplarının benzer LAB sayımlarına sahip olduğu tespit edilmiştir ($P>0.05$). Bu sonuçlara göre, %100 siyah sarımsak ve %100 kinoa unu içeren çemen formülasyonları ile kaplama işlemi pastırmanın LAB sayımlarını kontrole kıyasla artırmıştır. Benzer şekilde, kürleme karışımında farklı konsantrasyonlarda (%0, %0.5,

%1.0, %2.0) potasyum laktat kullanılarak üretilen pastırmaların LAB sayımlarının arttığı belirlenmiştir (Aksu ve Erdemir, 2022). Öte yandan, nar su ekstraktı içeren çemenler ile kaplamanın pastırmanın LAB sayımları üzerine önemli etki göstermediği (Aksu ve ark., 2023), bununla birlikte ahududu ekstraklı çemenlerin ise LAB sayımlarını kontrole kıyasla azalttığı bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2022).

Çizelge 4.52 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların LAB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	LAB (log kob/g)
Kontrol	30	5.22±0.58[b]
P1	30	5.26±0.45[b]
P2	30	5.34±0.31[b]
P3	30	5.60±0.35[a]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.53'de pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen LAB sayımlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları gösterilmiştir. Depolama periyoduna bağlı olarak pastırma örneklerinin LAB sayımlarında azalma meydana gelmiştir. En yüksek LAB sayımları 5.68±0.48 log kob/g ile 30. günde, en düşük sayımlar ise 5.03±0.43 log kob/g ile depolama sonunda tespit edilmiştir (P<0.05).

Çizelge 4.53 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen LAB Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	LAB (log kob/g)
0	24	5.47±0.35[b]
30	24	5.68±0.48[a]
60	24	5.39±0.33[b]
90	24	5.20±0.40[c]
120	24	5.03±0.43[d]

[a,d] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.13.4 Maya/Küf

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların maya/küf sayımları depolama periyodu boyunca 3.23-5.20 log kob/g aralığında değişmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele, depolama periyodu ve blok örneklerin maya/küf sayımları üzerine çok önemli (P<0.01), muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonu ise önemsiz (P>0.05) etki göstermiştir (EK-11).

Pastırmaların maya/küf sayımlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.54'de verilmiştir. En yüksek (P<0.05) ortalama maya/küf sayımları 4.81±0.27 log kob/g ile P3 örneğinde belirlenirken, diğer muamele gruplarının benzer (P>0.05) sayımlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, formülasyonda taze sarımsak miktarının azaldığı çemen formülasyonları ile kaplama işlemi, pastırmanın maya/küf sayımlarını kontrole kıyasla artırmıştır. Bu durum, taze sarımsağın antifungal etkisine bağlanabilir. Bununla birlikte, taze sarımsak ve siyah sarımsağın eşit oranda kullanıldığı formülasyonlarla üretilen pastırmalarda kontrol gruba benzer maya/küf gelişimi gözlenmiştir. Ahhmed ve ark. (2017) ise geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso macunu kullanımının pastırmaların maya/küf sayımlarını ticari pastırmaya kıyasla önemli etkilemediğini bildirmiştir. Benzer şekilde, farklı meyve ve sebze ekstraktları (kırmızı lahana, ahududu, nar, kırmızı pancar) içeren çemenler ile üretilen pastırmaların maya/küf sayımlarının kontrole benzer olduğu bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023). Başka bir çalışmada, kürleme karışımında %2 potasyum laktat kullanılarak üretilen pastırmaların maya/küf sayımlarının kontrole kıyasla arttığı belirlenmiştir (Aksu ve Erdemir, 2022). Öte yandan, Abdallah ve ark. (2017, 2018) ise farklı kaplama materyalleri (kitosan, aljinat, jelatin-bazlı kaplama) uygulanan pastırmaların maya/küf sayımlarının kontrole kıyasla azaldığını belirlemiştir.

Çizelge 4.54 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Maya/küf Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Maya/Küf (log kob/g)
Kontrol	30	3.89 ± 0.31^{b}
P1	30	3.84 ± 0.36^{b}
P2	30	3.97 ± 0.28^{b}
P3	30	4.81 ± 0.27^{a}

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.55'de pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen maya/küf sayımlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları gösterilmiştir. Pastırma örneklerinin maya/küf sayımları depolamanın 90. gününe kadar benzer (P>0.05) seyretmiş, daha sonra azalmıştır (P<0.05). En yüksek maya/küf sayımları 4.25±0.53 log kob/g ile depolama başlangıcında, en düşük sayımlar ise 3.96±0.47 log kob/g ile depolama sonunda tespit edilmiştir (P<0.05). Benzer azalma, farklı meyve

ve sebze ekstraktları (kırmızı lahana, ahududu, nar, kırmızı pancar) içeren çemenler ile üretilen pastırmalarda da gözlenmiştir (Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023). Abdallah ve ark. (2017, 2018) farklı kaplama materyalleri (kitosan, aljinat, jelatin-bazlı kaplama) uygulanan pastırmaların maya/küf sayımlarının depolama periyodu boyunca azaldığını belirlemiştir.

Çizelge 4.55 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Maya/küf Sayımlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Maya/Küf (log kob/g)
0	24	4.25±0.53[a]
30	24	4.19±0.54[a]
60	24	4.16±0.40[a]
90	24	4.08±0.53[ab]
120	24	3.96±0.47[b]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.13.5 *Enterobacteriaceae*

Mevcut çalışmada, kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların depolama periyodu boyunca belirlenen Enterobacteriaceae sayımları bütün muamele gruplarında tespit edilebilir sayının (<2 kob/g) altında bulunmuştur.

4.5.14 Uçucu Bileşik Profili

Kuru kürlenmiş et ürünlerinin uçucu bileşiklerinin çok sayıda ve karmaşık reaksiyonlardan kaynaklandığı bilinmektedir. Bu reaksiyonların çoğu olgunlaşma aşamasında gerçekleşmekte ve esas olarak lipolitik ve proteolitik süreçlerden kaynaklanmaktadır. Ardından, serbest kalan serbest yağ asitleri, amino asitler ve peptitler oksidasyon, Strecker ve Maillard reaksiyonları için bir substrat görevi görür ve böylece farklı aromalara ve/veya koku alma eşiklerine sahip çok çeşitli uçucu bileşikler üretilmektedir. Uçucu bileşiklerin diğer kaynakları, formülasyonda kullanılan baharatlar ve diğer çeşnilerdir; bunlar genel lezzete katkıda bulunmanın yanı sıra bazı otooksidatif reaksiyonları da modüle etmektedir (Marušić ve ark., 2011; Domínguez ve ark., 2019). Kuru kürlenmiş geleneksel bir et ürünü olan pastırma, lipid oksidasyonu, protein bozunması ve çemen formülasyonundan kaynaklanan çok sayıda spesifik aroma bileşiğine sahiptir (Demirok ve ark., 2013).

Pastırma örneklerinin HS-SPME/GC-MS ile kalitatif olarak belirlenen uçucu bileşik profili Çizelge 4.56 ve Şekil 4.16'da verilmiştir. Pastırma örneklerinde aldehitler, alkoller, asitler, esterler, furanlar, kükürtlü bileşikler, ketonlar ve diğer bileşikler olarak kategorize edilen toplam 52 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Pastırmanın uçucu bileşik profili hammadde, üretim yöntemi, kürleme bileşimi, çemen formülasyonu gibi birçok faktöre bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu bağlamda, Kayseri ve Afyon'da önde gelen yedi firmadan temin edilen 16 farklı marka dilimlenmiş pastırma örneğinde HS-SPME/GC-MS yöntemi kullanılarak 9 kimyasal sınıfta gruplandırılan 58 uçucu bileşik tanımlanmış, aldehitler ve sülfürlü bileşiklerin pastırma örneklerinin uçucu profilinde en bol bulunan kimyasal gruplar olduğu bildirilmiştir (Demirok ve ark., 2013). Ahhmed ve ark. (2017) ticari pastırma örneklerinde sülfürlü bileşikler (1), aldehitler (4), esterler (2), terpenler (3), alkoller (2), 130romatic hidrokarbonlar (2) ve alifatik hidrokarbonlar (1) olmak üzere 7 farklı gruba ait 15 uçucu bileşiğin varlığını bildirmiştir. Benzer şekilde, farklı oranlarda toz kırmızıbiber içeren kürleme karışımları ile üretilen pastırma örneklerinde sülfürlü bileşikler, aldehitler, ketonlar, esterler, terpenler, alkoller, furanlar, 130romatic hidrokarbonlar ve alifatik hidrokarbonlar olmak üzere 9 farklı kimyasal gruba ait 59 uçucu bileşik tanımlanmıştır (Sayın, 2018).

Kontrol pastırmaların depolama başlangıcında tespit edilen uçucu bileşik profilinde sülfürlü bileşiklerin (%91.40) hakim olduğu, bunu aldehitler (%3.52) ve ketonların (%2.84) izlediği belirlenmiştir. Kontrol pastırmalara benzer şekilde, formülasyonda %18.5 kırmızı kinoa unu içeren Ç1 çemen ile kaplanarak üretilen P1 grubu pastırmalarda sülfürlü bileşikler, aldehitler ve ketonların uçucu bileşik profilindeki payı sırasıyla %83.71, %3.35 ve %8.62 olarak saptanmıştır (Şekil 4.16). Bununla birlikte, pastırma örneklerinin sülfürlü bileşik konsantrasyonu, pastırma çemeni formülasyonunda kullanılan siyah sarımsak seviyesi arttıkça azalmış, P2 ve P3 muamele gruplarında sırasıyla %80.72 ve %20.90 olarak tespit edilmiştir. Sülfürlü bileşik nispi konsantrasyonu açısından pastırma örnekleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiş olup, P2 ve P3 gruplarının dialil disülfit, alil mercaptan, alil metil sülfit, dimetil disülfit, dialil sülfit, alil metil disülfit, (Z)-alil propenil sülfan, (E)-alil propenil sülfan, 3,4-dimetiltiyofen, alil (E)-1-propenil disülfit ve alil (Z)-1-propenil disülfit içerikleri Kontrol ve P1 örneklerinden daha düşük ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.56 Pastırma Örneklerinde Depolama Süresince HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili

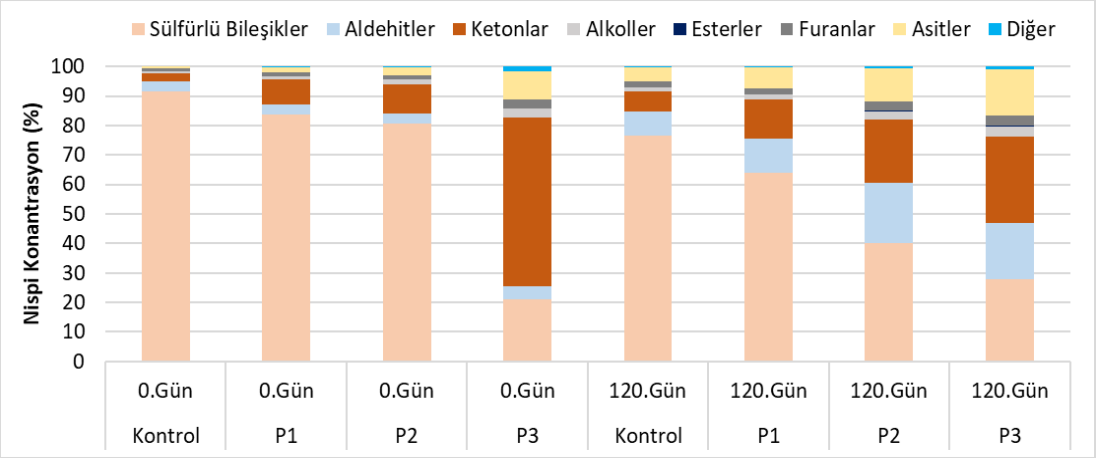
		Tepeboşluğu Nispi Konsantrasyonu (AUx10^{-5})							
		0.Gün				120.Gün			
	Uçucu Bileşikler	Kontrol	P1	P2	P3	Kontrol	P1	P2	P3
	Kükürt içeren bileşikler								
1	Metantiyol (Metil merkaptan)	5.8	3.8	1.5	1.2	0.6^{a}	0.6^{a}	0.1^{b}	0.0^{b}
2	Propen sülfür (Metiltiiran)	170.1	111.5	32.6	12.8	6.4	5.3	1.1	0.7
3	Alil merkaptan	18.4^{a}	7.6^{ab}	1.7^{b}	0.0^{b}	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Alil metil sülfit	78.7^{a}	52.0^{ab}	24.4^{bc}	7.1^{c}	18.2	16.0	7.4	4.3
5	Dimetil disülfit	20.6^{a}	14.1^{ab}	5.5^{bc}	3.0^{c}	3.0	2.6	1.0	0.7
6	Tiyolan (Tetrahidrotiyofen)	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Dialil sülfit	467.6^{a}	335.9^{ab}	128.6^{b}	86.6^{b}	465.4	381.9	153.6	85.3
8	(Z)-Alil propenil sülfan	8.4^{a}	4.0^{b}	1.0^{bc}	0.0^{c}	3.6	3.2	1.4	1.0
9	(E)-Alil propenil sülfan	13.4^{a}	5.0^{b}	1.2^{bc}	0.4^{c}	4.2	3.2	1.0	0.9
10	3,4-Dimetiltiyofen	11.0^{a}	2.9^{b}	0.9^{b}	0.9^{b}	3.8^{a}	4.4^{a}	1.2^{b}	0.9^{b}
11	Alil metil disülfit	480.3^{a}	358.7^{ab}	113.6^{bc}	15.5^{c}	132.4^{a}	82.9^{b}	32.2^{c}	20.8^{c}
12	Dimetil trisülfit	7.7	2.2	1.1	1.2	2.6	2.6	0.3	0.4
13	1,2-ditiyol	27.8	8.8	3.0	2.5	26.6	23.7	7.3	5.7
14	Dialil disülfit	6899.2^{a}	3759.7^{ab}	1502.0^{bc}	104.9^{c}	4022.1	2505.2	948.7	460.5
15	Alil (E)-1-Propenil disülfit	170.0^{a}	73.9^{ab}	33.1^{b}	1.7^{b}	57.9	59.7	13.7	8.0
16	Alil (Z)-1-Propenil disülfit	1497.9^{a}	389.1^{ab}	106.0^{b}	8.5^{b}	389.0^{a}	307.2^{ab}	52.9^{bc}	35.3^{c}
17	Alil metil trisülfit	473.4	90.3	33.3	11.3	170.9	157.3	18.9	12.8
18	Karbon disülfit	1.1^{b}	28.1^{b}	1.1^{b}	91.1^{a}	1.4	1.3	0.3	2.3
19	Bütil merkaptan (1-Butanetiol)	0.3	1.0	0.5	1.5	5.6	12.5	11.5	14.3
	Alkoller								
20	Etanol	21.7	20.7	24.2	23.5	53.5	46.6	51.9	37.3
21	2-Propen-1-ol (Alil alkol)	17.9	16.9	5.8	2.6	16.2	13.4	8.0	4.4
22	Pentanol	6.6	5.5	2.0	2.6	13.9	12.4	13.7	13.2
23	2-Furanmetanol (Furfuril alkol)	3.7	4.6	4.5	11.9	2.2	2.1	5.5	7.2
	Aldehitler								
24	Asetaldehit	70.3^{a}	34.1^{b}	19.3^{bc}	3.0^{c}	9.8	8.3	4.2	2.9
25	2-Propenal (Akrolein)	0.3	0.4	0.2	0.1	0.3^{a}	0.4^{a}	0.0^{b}	0.0^{b}
26	2-bütenal	8.9	5.1	2.7	2.9	3.7	3.3	2.4	2.0
27	Pentanal	9.0^{a}	6.9^{ab}	2.3^{b}	2.6^{b}	23.5	28.3	22.5	18.4
28	Hekzanal	274.2^{a}	109.0^{a}	17.2^{b}	10.1^{b}	403.0	499.9	488.4	338.5
29	Furfural	25.4	43.7	31.4	49.2	8.0	10.0	16.0	11.5
30	Heptanal	8.3	7.0	3.3	3.2	129.2	93.1	108.3	81.5
31	5-Metil-2-furaldehit (5-metilfurfural)	2.7	3.9	2.8	4.5	1.3	1.7	1.6	1.6
	Asitler								
32	Formik asit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.8
33	Asetik asit	30.7	65.6	34.0	80.1	199.1	261.1	242.2	224.8
34	Propanoik asit	0.0	0.0	0.7	1.0	4.4	4.1	3.6	4.5
35	2-Metil-propanoik asit	2.4^{b}	2.3^{b}	2.0^{b}	8.8^{a}	9.7	8.1	6.4	11.8
36	Bütanoik asit	4.0	9.0	8.8	20.6	27.7	33.1	32.9	36.3
37	İzovalerik asit (3-metilbütanoik asit)	0.0	22.2	17.3	47.7	60.8	80.7	58.0	87.4
38	Heksanoik asit	17.5	5.9	2.3	1.1	14.7	12.8	8.3	5.6

$^{a\text{-}c}$ Her bir depolama periyodu için aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Çizelge 4.56 Pastırma Örneklerinde Depolama Süresince HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili **(devamı)**

		Tepeboşluğu Nispi Konsantrasyonu (AUx10^{-5})							
		0.Gün				120.Gün			
	Uçucu Bileşikler	Kontrol	P1	P2	P3	Kontrol	P1	P2	P3
	Esterler								
39	Metil asetat	2.3	3.3	1.1	1.8	4.4	4.8	4.9	2.9
40	1,2-Propandiol, 1-asetat	2.3	2.2	1.0	1.6	2.2	2.1	2.4	3.2
	Ketonlar								
41	Aseton (propanon)	95.6	89.0	65.4	107.3	22.7	19.8	23.4	24.5
42	Asetol (Hidroksiaseton)	3.0^{b}	3.2^{b}	1.6^{b}	10.1^{a}	5.1	5.0	4.9	5.8
43	Asetoin (3-hidroksibütanon)	210.8^{b}	441.1^{b}	177.0^{b}	841.3^{a}	312.8	450.9	462.2	533.5
44	2,3-Oktanedion	12.8^{a}	7.2^{a}	1.1^{b}	1.3^{b}	114.9	270.2	175.3	127.5
	Furanlar								
45	Dihidrometilfuran	40.5^{a}	26.9^{a}	5.9^{b}	2.5^{b}	21.4	17.4	4.1	2.7
46	2-Asetilfuran	6.1	18.1	16.1	40.5	12.3^{b}	12.8^{b}	18.8^{a}	18.9^{a}
47	Dihidro-2-metil-3-furanon	0.2^{b}	1.0^{b}	0.6^{b}	2.4^{a}	1.4	1.0	1.5	1.6
48	5-Metil-2(3H)-furanon	3.4	3.6	1.9	1.7	68.0	38.8	46.4	43.2
49	2-Pentilfuran	70.2^{a}	23.7^{b}	4.6^{b}	4.4^{b}	40.5	36.2	22.3	14.3
	Diğer								
50	4,6-Dimetilpirimidin	2.8	3.8	2.5	7.3	1.5	1.4	1.5	1.7
51	2-Metildioksolan	3.6	6.2	2.4	5.4	25.7	18.7	19.3	21.2
52	2-Etil-6-metilpirazin	1.1	14.5	5.1	13.0	0.0	3.1	0.2	1.3

$^{a-b}$ Her bir depolama periyodu için aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).



Şekil 4.16 Pastırma Numunelerinde Uçucu Bileşiklerin HS-SPME/GC-MS ile Belirlenen Nispi Konsantrasyonları

Pastırmada sülfür içeren bileşikler, çemen fomülasyonundaki sarımsak ve baharatların yanı sıra sülfür içeren amino asitlerin proteolizi ile oluşmaktadır. Mevcut çalışmada, Kontrol örneklerinde en bol bulunan sülfürlü bileşikler dialil disülfit başta olmak üzere alil (Z)-1-propenil disülfit, alil metil disülfit ve dialil sülfit olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, pastırmanın uçucu bileşik profilini araştıran önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Demirok ve ark., 2013; Akköse ve ark., 2017). Demirok ve

ark. (2013) farklı firmalara ait 16 pastırma örneğinde uçucu bileşik profilinin %6.04-%50.60'sını oluşturan 8 kükürt bileşiği tanımlamış olup, toplam alanın %3.12 ila %31.6'sı arasında değişen konsantrasyonlardaki dialil disülfür ana sülfürlü bileşik olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 120. gününde pastırma örneklerinde sülfürlü bileşikler için tespit edilen nispi konsantrasyonlar genel olarak azalmıştır. Bununla birlikte, depolama sonunda yalnızca 3,4-dimetiltiyofen, alil metil disülfit, alil (Z)-1-propenil disülfit ve metil mercaptanın nispi konsantrasyonları açısından muameleler arasında farklılık belirlenmiştir ($P<0.05$).

Aldehitler çok düşük koku eşiğine sahiptir ve bu nedenle bazı aldehitler kuru kürlenmiş et ürünlerinde önemli koku-aktif bileşikler olarak tanımlanmıştır (Sha ve ark., 2017). Aldehitler kökenlerine göre lipid oksidasyonundan kaynaklanan aldehitler veya amino asit bozunmasından kaynaklanan aldehitler olarak sınıflandırılabilir. Doymuş (pentanal, hekzanal, heptanal, oktanal ve nonanal) ve doymamış (2-pentenal, 2-hekzenal, 2-heptanal, 2-oktenal ve 2 nonenal) aldehitler doymamış yağ asitlerinin otoksidasyonu ile ilişkili olabilirken, dallı zincirli aldehitler (2-metilpropanal ve 3-metilbutanal) proteoliz/amino asit bozunması ile ilişkilidir (Lorenzo ve ark., 2014). Aldehitler ile ilgili olarak, pastırma örneklerinde sekiz aldehit tanımlanmış olup, depolama başlangıcında P2 ve P3 muamele gruplarında asetaldehit, pentanal ve hekzanal içeriğin Kontrol ve P1 örneklerine kıyasla daha düşük ($P<0.05$) olduğu saptanmıştır. Depolamanın 120. gününde ise örneklerin aldehit konsantrasyonları genel olarak artış göstermiş, en düşük alanlar P3 örneğinde belirlenmesine rağmen, muamele grupları arasında (2-propenal hariç) anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($P>0.05$). Demirok ve ark. (2013) farklı firmalara ait 16 pastırma örneğinde çoğunlukla lipid oksidasyon ürünleri olan aldehitleri, toplam uçucu bileşiklerin %17.54-78.02'sini temsil eden ana kimyasal grup olarak belirlemiştir. Başlıca uçucu aldehitleri ise hekzanal (%2.36-55.41), 2-metil-2-butenal (%0.97-14.69) ve heptanal (%0.29-4.77) olarak bildirmiştir.

Ketonların, özellikle 2-ketonların, et ve et ürünlerinin aroması üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir, çünkü fazla miktarlarda üretilirler ve eterik, tereyağı, baharat veya peynirimsi gibi kendine özgü bir aroma sunmaktadırlar (Lorenzo ve ark., 2014). Çemen formülasyonunda siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı, pastırma örneklerinin keton bileşik içeriğinde artış ile sonuçlanmıştır.

Özellikle, P3 pastırmaların uçucu bileşik profilinde ketonların hakim (%57.27) olduğu gözlenmiş, hidroksiaseton ve asetoin (3-hidroksibütanon) konsantrasyonu diğer pastırma örneklerine kıyasla daha yüksek ($P<0.05$) belirlenmiştir. Bununla birlikte, depolama süresi sonunda, Kontrol, P1 ve P2 grupları için ketonların toplam uçucu bileşik profilindeki payı artarken, P3 örneği için azalmıştır (Şekil 4.16).

Furanlar sınıfı incelendiğinde, çemen formülasyonunda siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı ile dihidrometilfuran ve 2-pentilfuran konsantrasyonları azalırken, dihidro-2-metil-3-furanon için artış gözlenmiştir ($P<0.05$). Depolama sonunda yalnızca 2-asetilfuran için muamele grupları arasında anlamlı farklılık gözlenmiş, en düşük alan P2 ve P3 örnekleri için belirlenmiştir ($P<0.05$). Benzer şekilde, pastırma örneklerinde 2-pentilfuran varlığı önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Sayın, 2018; Akköse ve ark., 2017).

Alkollerin koku eşiği düşüktür, bu nedenle et ürünlerinin aromasına önemli katkıda bulunurlar (Lorenzo ve ark., 2014). Pastırma örneklerinde etanol, 2-propen-1-ol, pentanol ve 2-furanmetanol olmak üzere dört alkol tanımlanmış olup, alkoller açısından muamele grupları arasında depolama süresi boyunca anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($P>0.05$). Sayın (2018) pastırma üretiminde kürleme bileşeni olarak %2 ve %3 oranında kırmızıbiber kullanımının etanol içeriğini artırdığını, 1-penten-3-ol varlığını ise azalttığını bildirmiştir.

Çizelge 4.56 ve Şekil 4.16'da görüldüğü üzere, ekşimsi lezzete katkı sunan asitlerin nispi konsantrasyonları, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu içeren çemenler ile kaplanan pastırma örneklerinde artarken, bu artış yalnızca 2-metil-propanoik asit için anlamlı ($P<0.05$) bulunmuştur. Asitlerin P3 örneğinin uçucu bileşik profiline %9.51 oranındaki katkısı diğer muamele gruplarına kıyasla yüksektir. Ayrıca, depolamanın 120. gününde örneklerin nispi asit konsantrasyonları depolama başlangıcına kıyasla genel olarak artış göstermiştir.

Kontrol ve muamele pastırma örneklerinde uçucu bileşiklerin SIFT-MS ile belirlenen kantitatif konsantrasyonları (ppbv) Çizelge 4.57'de verilmiştir. HS-SPME/GC-MS bulgularıyla uyumlu olarak, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu ağırlıklı Ç2 ve Ç3 çemen gruplarıyla kaplanan pastırmalarda (P2 ve P3) Kontrol ve P1 örneklerine kıyasla sülfürlü bileşik miktarının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.57 Pastırma Örneklerinin Depolama Süresince SIFT-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili (ppbv)

Uçucu Bileşik	Gün	Kontrol	P1	P2	P3
Kükürt içeren bileşikler					
Metantiyol (Metil merkaptan)	0	172.4±89.2^{A}	130.1±29.5^{A}	51.3±18.7	30.1±28.8
	120	27.4±8.7^{B}	24.9±7.1^{B}	19.9±1.8	17.2±3.2
Propen sülfür (Metiltiiran)	0	652.8±74.9^{aA}	474.1±82.2^{ab}	298.3±4.7^{bcB}	215±1.1^{cB}
	120	372.2±0.6^{B}	382.1±16.8	383.1±22.8^{A}	385.7±16.5^{A}
Alil merkaptan	0	1317±307^{aA}	782.9±202.5^{abA}	537.2±238.4^{abA}	10±14.1^{b}
	120	173.6±111.2^{B}	147.1±12.9^{B}	52.9±17.9^{B}	46±41.7
Alil metil sülfit	0	1049.3±491.5	1633.2±695.9	911.3±47^{B}	1169.7±384.7
	120	1459.2±1111.4	2010.4±744.2	1685.6±189.2^{A}	2023.6±408.5
Alil metil disülfit	0	214.4±219^{a}	92.6±131^{ab}	48.1±31.7^{b}	7±9.8^{b}
	120	47.1±0.2^{a}	33.7±7.3^{ab}	15±8.2^{b}	17.1±7^{b}
Alil metil trisülfit	0	0±0	0±0	0±0	0±0
	120	3.7±0.8	1.7±2.4	1.9±0	0±0
Dimetil sülfit	0	247.1±76.1	211.1±145	152.2±22.8	102.4±33.9
	120	195.2±39.9	182.2±9.9	189.3±1.9	190.8±12.6
Dimetil disülfit	0	51.7±15.4	19±26.8	44.2±4	20.7±29.2
	120	68.2±4.8	72.1±12.4	71±13.4	51.8±21.3
Dimetil trisülfit	0	6.8±9.6	0±0	0±0	30.3±30.2
	120	3±0	3.9±2.9	3.8±0.1	6.1±0.8
Dialil sülfit	0	35.7±6.4	32.9±40.1	29.2±3.7	4.2±5.9
	120	83.2±28.6	69.3±22	26.4±2.7	26.1±12.5
Dialil disülfit	0	614.9±351.3^{a}	359.5±118.9^{a}	106.1±0.5^{bA}	4.6±6.5^{c}
	120	114.4±48.2^{a}	121.3±3.2^{a}	12.8±2.9^{bB}	15.6±9.6^{b}
Dialil trisülfit	0	26.7±16.1	11.4±16.1	7.2±10.1	0±0
	120	15.3±6.2	13.5±6.2	6.5±4.1	2.4±0.6
Alkoller					
Etanol	0	2918.7±854.3^{B}	2610.8±704.1^{B}	3646.4±2422.2	2077.2±1370.4
	120	7853.8±548.1^{A}	7470.3±1461.3^{A}	7728.2±348.6	5907.5±1767.6
Pentanol	0	17.2±6.2	72.8±11.5	48.2±15.2	81.2±67
	120	57.7±27.3	71.6±14.6	61.9±9.3	80.9±12.9
Propanol	0	117.2±12	96.6±9.9	107.3±46.7	103±12.2
	120	242.3±42	219.6±57.8	251.4±71	261.1±60.9
Oktenol (1-okten-3 ol)	0	9.3±2.6^{B}	8.5±5.2^{B}	11.1±1.6^{B}	4.7±0.4^{B}
	120	88.6±6^{A}	84.7±14.8^{A}	79.2±0.8^{A}	69.9±1.3^{A}
Hekzanol	0	7.6±10.7	0±0	0±0	0±0
	120	3.3±0.6	8.1±3.7	6.1±3	5.8±1.6
Aldehitler					
Asetaldehit	0	7732.7±3139.1^{aA}	3339.4±89.1^{abA}	2655.5±553^{abA}	251.9±52.8^{b}
	120	1314.2±757^{B}	1025.5±39.3^{B}	402.4±145^{B}	344±288
2-Propenal (Akrolein)	0	50.3±58.2	102±58.5	43.7±12.7	47.9±20.7
	120	0±0	0±0	0±0	0±0
2-bütenal	0	18.8±12.6	2.5±3.5	18.1±18.5	14.5±10.5
	120	15.8±8.4	13.6±1	14.3±6.9	12.1±2.9
Pentanal/Metilbutanal	0	113.8±45.3	118±20.2	135.2±159.6	70.7±77.8
	120	73.3±8.6	87±12.2	58.8±10.2	43.2±11.8
Metilbutanal/ Pentanal	0	123.6±49.1	127.9±21.8	146.8±173.3	76.8±84.6
	120	80±9.4	94.9±13.3	64.2±11.2	47.1±12.9
Hekzanal	0	200.4±167.9^{a}	87.4±15.1^{ab}	76.8±40.3^{ab}	47±14.3^{bB}
	120	209±91.6^{a}	297.9±114.9^{a}	241±90.9^{a}	157.7±19.9^{bA}
Heptanal	0	7±9.8	0±0	4.6±6.5	0±0
	120	7±3.7	11.7±6.9	10.7±6.2	4.2±2
Nonanal	0	0±0	5.9±8.3	0±0	8±11.3
	120	14±16.5	15.5±6.4	9±2.5	17.5±0.4
Propanal	0	36.8±7.1^{a}	40.3±12.9^{a}	11.7±0.3^{ab}	4.4±6.2^{b}
	120	0±0	0±0	0±0	0±0

Çizelge 4.57 Pastırma Örneklerinin Depolama Süresince SIFT-MS ile Belirlenen Uçucu Bileşik Profili (ppbv)) **(devamı)**

Uçucu Bileşik		Kontrol	P1	P2	P3
Aldehitler (devam)					
Furfural	0	4.1±5.7	0±0	6.4±9	18±18
	120	3.6±0.1	3.8±1.3	3.8±0.8	4.4±0.1
Butanal	0	$0±0^{b}$	$13.3±10.5^{ab}$	$27±2.3^{a}$	$6.4±3.5^{ab}$
	120	$25.7±0.8^{a}$	$22.9±4.3^{a}$	$15.7±0.5^{ab}$	$12.6±2.2^{b}$
(E)-2-pentenal	0	14.7±8.7	4.9±6.9	$7.9±5.1^{B}$	$2.8±3.9^{B}$
	120	26.4±5.9	29.2±6.1	$25.5±1.3^{A}$	$20.2±1.6^{A}$
Hekzenal	0	11.1±15.7	11.6±16.3	0±0	5.4±3
	120	7.2±2.1	7.4±1.4	6.8±0.1	8±0.8
Benzaldehit	0	$25.3±3.5^{b}$	$81±9.9^{a}$	$28.1±17.7^{bB}$	$26.2±2.3^{bB}$
	120	57.9±15.1	71.7±16.4	$92.8±2.2^{A}$	$76.3±10.7^{A}$
Asitler					
Asetik asit	0	$110±16.5^{B}$	$204.9±169.4^{B}$	$241.8±102.7^{B}$	$95±88^{B}$
	120	$1365.9±649.3^{A}$	$1360.5±14.4^{A}$	$1709.3±502.9^{A}$	$1754.6±119.5^{A}$
Propanoik asit/Metil asetat	0	23.1±32.6	49.9±70.6	32.3±29.3	37.1±36.6
	120	84.1±3.5	84.5±33.9	72.2±23.8	49.4±40
Oktanoik asit	0	34.6±4.4	13.4±18.9	6.9±9.7	0±0
	120	13±7.3	13.6±1.8	3.4±0.7	2.7±0.3
Valerik asit/İzovalerik asit (3-metilbütanoik asit)	0	24.4±34.4	$0±0^{B}$	$0±0^{B}$	18.8±1.9
	120	48.3±29.8	$52.2±1.6^{A}$	$36.2±6.8^{A}$	42.8±17.8
Hekzanoik asit	0	$1.7±2.3^{B}$	$8.3±4.6^{B}$	$4.6±6.5^{B}$	$0±0^{B}$
	120	$31.6±4.3^{A}$	$37.1±14.1^{A}$	$24.8±0.7^{A}$	$23.2±0.6^{A}$
Ketonlar					
Aseton (propanon)	0	$1441.2±232.1^{aA}$	$640±262.5^{b}$	$1333.5±83^{abA}$	$784.8±20.1^{abA}$
	120	$386±24.5^{B}$	384.3±3.2	$332.1±44^{B}$	$414.1±47.7^{B}$
Asetoin (3-hidroksibütanon)	0	1091.2±585.7	2217.7±474.3	$1004.9±381.1^{B}$	$1340.9±392.9^{B}$
	120	1950.7±1523.3	2673.5±1201.4	$2366.5±55.9^{A}$	$2705±406.8^{A}$
Pentanon (metil propil keton)	0	$0±0^{B}$	$15.9±1.1^{B}$	29.6±8.8	7.5±10.5
	120	$29.6±13.7^{A}$	$47.3±4.6^{A}$	33.8±3.7	25.7±7.6
Heptanon	0	9.3±13.2	43.7±61.8	0±0	0±0
	120	2.1±3	7±1.4	0.7±1	5.4±0.8
1-penten-3-on (etil vinil keton)	0	89.4±51.4	0±0	25.9±21.1	0±0
	120	68.4±38.4	40.7±14.4	8.1±5.4	13.1±13.4
2,3-butanedion (diasetil)	0	61.8±71.6	107.6±47.2	$53.7±15.8^{B}$	$58.9±25.5^{B}$
	120	153.2±114.6	269.8±98.9	$183.3±23.5^{A}$	$176.2±18.5^{A}$
Furanlar					
2-Asetilfuran	0	$7.7±2.2^{B}$	$7.1±4.3^{B}$	$9.2±1.3^{B}$	$3.9±0.3^{B}$
	120	$73.3±4.9^{A}$	$70.1±12.2^{A}$	$65.6±0.8^{A}$	$57.8±1.1^{A}$
2-Pentilfuran	0	12.9±18.2	0±0	0±0	0±0
	120	3.9±5.4	1.9±2.6	0±0	0.8±1.1
Diğer bileşikler					
Metil asetat/Propanoik asit	0	17.6±24.9	38.1±53.8	24.7±22.4	28.4±27.9
	120	64.6±2.8	65±26.1	55.6±18.3	38.1±30.8
Limonen/ Tetrametilpirazin	0	0±0	6.2±8.7	0±0	0±0
	120	13.4±16.8	22.9±9.3	12.6±17.8	13.4±2.3
Sotolon/Furaneol/3-metil-2-furanon	0	15.5±21.9	0±0	0±0	0±0
	120	-	-	-	-
Anetol/Etil laktat	0	42.9±18.7	41.1±58.1	4.9±6.9	4.7±6.6
	120	18.5±19.4	7.5±2.2	3.5±3.5	0±0
Dimetilpirazin/4,6-Dimetilpirimidin	0	$0±0^{B}$	$3.2±4.5^{B}$	$4.1±5.7^{B}$	$0±0^{B}$
	120	$99.1±48^{A}$	$112.5±2.7^{A}$	$140.8±40.7^{A}$	$129.1±9.2^{A}$
1,2-propadien	0	$92.7±11.8^{a}$	$88.5±18.2^{a}$	$45.7±15.2^{ab}$	$8.4±11.8^{b}$
	120	142±53.8	128.3±17.7	74.7±16.5	46.5±50.1

[*] Ortamalardaki küçük harfler her bir muamele için depolama günleri arasında, büyük harfler ise her bir depolama günü için muameleler arasında önemli farklılıkları gösterir ($P<0.05$).

P2 ve P3 muamele gruplarında, diallil disülfit (614.9 ppbv'den 4.6 ppbv'ye), alil metil disülfit (214.4 ppbv'den 7 ppbv'ye), alil mercaptan (1317 ppbv'den 10 ppbv'ye) ve propen sülfür (652.8 ppbv'den 215 ppbv'ye) içeriğin Kontrol gruba kıyasla önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak, en düşük sülfürlü bileşik miktarları P3 örneğinde tespit edilmiş olup, Kontrol ve P1 gruplarının benzer içeriklere sahip olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, pastırma çemen formülasyonlarında siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı ile pastırmada bazı tüketiciler tarafından rahatsız edici olarak kabul edilen sülfürlü bileşik kaynaklı kokunun azaltılabileceğini göstermiştir. Benzer bir çalışmada, geleneksel pastırma çemenine alternatif olarak miso macunu ile kaplanarak üretilen pastırmada, keskin kokudan sorumlu sülfürlü bileşikler tespit edilemezken, terpenler (limonen, beta-pinen vb.), esterler (etil hekzanoat, etil octanoate, etil hekzanoat vb.) ve saponinler gibi daha yumuşak, narenciye aromalı, meyvemsi-kavrulmuş lezzete katkıda bulunan aromatik bileşikler tanımlanmıştır (Ahhmed ve ark., 2017).

Depolama sonunda, metil mercaptan içeriği Kontrol ve P1 örneklerinde depolama başlangıcına kıyasla azalırken ($P<0.05$), P2 ve P3 gruplarındaki değişim önemsiz ($P>0.05$) düzeydedir. P2 örneğinde depolamanın 120. gününde belirlenen dialil disülfit ve alil metil sülfit içerikleri depolama başlangıcına kıyasla azalırken ($P<0.05$), diğer muamele gruplarında depolama süresince meydana gelen değişim önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Diğer taraftan, propen sülfür içeriği Kontrol örneğinde depolama süresince azalırken, P2 ve P3 gruplarında artmıştır. Alil mercaptan içeriği incelendiğinde, P3 örneğindeki önemsiz değişim hariç olmak üzere diğer muamele gruplarında depolamanın 120. gününde başlangıç değerlere kıyasla daha düşük içerikler belirlenmiştir ($P<0.05$).

Alkol içerikleri incelendiğinde, etanol ve oktenol içeriklerin depolamanın 0. ve 120. günlerinde tüm muameleler için benzer ($P>0.05$) olduğu, bununla birlikte depolamanın 120. gününde etanol Kontrol ve P1 örneklerinde, oktenol ise tüm muamele gruplarında başlangıç içeriklere göre daha yüksek ($P<0.05$) belirlenmiştir.

Depolama başlangıcında, kontrol ile karşılaştırıldığında, özelikle P2 ve P3 örneklerinde test edilen aldehitlerin miktarı genel olarak azalırken, bu azalmanın asetaldehit (30.7 kat), hekzanal (4.3 kat) ve propanal (8.4 kat) için önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 120. gününde P2 ve P3 gruplarının (E)-2-pentenal ve benzaldehit miktarları 0. güne kıyasla artarken, asetaldehit miktarı P3 hariç tüm muamele gruplarında azalmıştır ($P<0.05$). Lipid oksidasyonunun bir göstergesi olan hekzanal içeriği, pastırma üretiminde çemenleme aşamasında siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı ile Kontrol pastırma örneğindeki 200.4 ppbv seviyesinden P3 örneğinde 47 ppbv'ye kadar azalmıştır ($P<0.05$). Depolama süresince pastırma örneklerinin hekzanal içeriği artış göstermiş, bununla birlikte 120. günde en düşük hekzanal içeriği P3 grubunda belirlenmiştir ($P<0.05$). Mevcut çalışmada, pastırma örneklerinin hekzanal içeriği ve TBARS değerleri arasında güçlü bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.9). Benzer şekilde, Gök ve ark. (2008) farklı yöntemlerle ambalajlanmış pastırmalarda 120 gün depolama süresi boyunca hekzanal içeriğin arttığını, en yüksek ve en düşük artışın sırasıyla aerobik şartlarda (0. günde 15 ppm'den 120. günde 88.5 ppm'e) ve MAP ortamında depolanan örneklerde (15 ppm'den 58.6 ppm'e) meydana geldiğini ve hekzanal içerik ile TBARS değerleri arasında yüksek bir pozitif korelasyon olduğunu bildirmiştir. Bir diğer çalışmada, pastırma üretiminde kürleme bileşeni olarak kırmızıbiber kullanımının hekzanal dahil olmak üzere aldehit içeriğini genel olarak azalttığı bildirilmiştir (Sayın, 2018).

Pastırma örneklerinde depolama başlangıcında SIFT-MS ile belirlenen asetik asit, propanoik asit, oktanoik asit, valerik asit/izovalerik asit ve hekzanoik asit içerikleri açısından muamele grupları arasında fark olmadığı ($P>0.05$), öte yandan depolama sonunda belirlenen asetik, valerik asit/izovalerik asit (yalnızca P1 ve P2 gruplarında) ve hekzanoik asit içeriklerin başlangıç değerlere kıyasla yüksek ($P<0.05$) olduğu saptanmıştır.

Ketonlarla ilgili olarak, depolama başlangıcında en yüksek ve en düşük aseton içerikler sırasıyla Kontrol (1441.2 ppbv) ve P1 (640 ppbv) gruplarında tespit edilmiştir ($P<0.05$). Pastırma örneklerinin aseton içeriğinde depolama sonunda azalma gözlenmiştir ($P<0.05$). P2 ve P3 örneklerinin asetoin (3-hidroksibütanon) ve 2,3-butanedion (diasetil) içeriklerinde depolama sonunda artış meydana gelmiş ($P<0.05$), ancak tüm depolama günlerinde muamele grupları arasında fark olmadığı ($P>0.05$)

belirlenmiştir. Asetoin karakteristik tereyağımsı, tatlı bir kokuya sahiptir ve koku eşiği çok düşüktür. Bu nedenle, bu uçucu bileşik kuru kürlenmiş et ürünlerinin tipik aromasına katkıda bulunmaktadır (Domínguez ve ark., 2019). Öte yandan, depolama sonunda Kontrol ve P1 örneklerinin pentanon (metil propil keton) içeriği artış gösterirken ($P<0.05$), P2 ve P3 gruplarındaki değişim önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur.

Depolamanın sonunda 2-pentilfuran içeriğindeki değişimin önemsiz ($P>0.05$) olduğu ve 2-asetilfuran içeriğin 0. güne kıyasla 14.8 kata kadar arttığı ($P<0.05$) belirlenmiş, bununla birlikte 2-pentilfuran ve 2-asetilfuran açısından muamele grupları arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($P>0.05$). Pastırma örneklerinin limonen/tetrametilpirazin, anetol/etil laktat, metil asetat/propanoik asit ve sotolon/furaneol/3-metil-2-furanon açısından depolama süresince benzer ($P>0.05$) içeriklere sahip olduğu saptanmıştır. En düşük 1,2-propadien içeriği P3 grubunda belirlenirken ($P<0.05$), bu bileşik açısından depolama günleri arasında anlamlı farklılık olmadığı ($P>0.05$) gözlenmiştir. Diğer taraftan, tüm muamele gruplarında depolamanın 120. gününde dimetilpirazin/4,6-dimetilpirimidin içeriğinde depolama başlangıcına kıyasla artış ($P<0.05$) meydana gelmiştir.

4.5.15 Duyusal Değerlendirme

Tüm duyusal parametreler (renk/görünüş, tekstür, koku, lezzet ve genel beğeni düzeyi) üzerine muamelenin çok önemli ($P<0.01$) etkisi gözlenmiş, depolama periyodu ise yalnızca tekstür puanlarını önemli ($P<0.01$) etkilemiştir. Pastırma örneklerinin duyusal değerlendirme puanları üzerine blok ve muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonu etkisi ise önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (EK-12).

4.5.15.1 Renk/Görünüş

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların renk/görünüş puanlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.58 ve Çizelge 4.59'da verilmiştir. P2 ve P3 örnekleri diğer gruplara kıyasla renk/görünüş açısından daha fazla beğenilmiştir ($P<0.05$). Bu durum, P2 ve P3 örneklerinde kesit yüzey a^* değerlerinin diğer gruplara kıyasla daha yüksek olması ile açıklanabilir. Öte yandan, pastırma örneklerinin renk/görünüş puanlarının depolama periyodu boyunca değişmediği tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.58 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Renk/Görünüş Puanlarına Ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Renk/Görünüş
Kontrol	100	7.21±0.80[b]
P1	100	7.16±0.82[b]
P2	100	7.71±0.79[a]
P3	100	7.88±0.72[a]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.59 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Renk/görünüş Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Renk/Görünüş
0	80	7.63±0.72[a]
30	80	7.56±1.05[a]
60	80	7.38±0.98[a]
90	80	7.50±0.78[a]
120	80	7.35±0.58[a]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.15.2 Tekstür

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların tekstür puanlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.60 ve Çizelge 4.61'de verilmiştir. En düşük tekstür puanları nem içeriğinin en düşük (Çizelge 4.26) ve kesme kuvvetinin en yüksek (Çizelge 4.22) olduğu P3 örneğinde belirlenirken, diğer gruplar arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir (P<0.05). Depolamanın ilk periyotlarında panelistler tarafından benzer (P>0.05) tekstür puanları alan pastırma örneklerinde, 90. günden itibaren muhtemelen nem içeriğindeki azalmadan dolayı tekstür skorları azalmıştır (P<0.05).

Çizelge 4.60 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Tekstür Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Tekstür
Kontrol	100	7.35±0.79[a]
P1	100	7.31±0.68[a]
P2	100	7.48±0.73[a]
P3	100	6.99±0.76[b]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.61 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Tekstür Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Tekstür
0	80	7.49±0.78[a]
30	80	7.61±0.79[a]
60	80	7.39±0.73[a]
90	80	7.04±0.62[b]
120	80	6.86±0.60[b]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.15.3 Koku

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların koku puanlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.62 ve Çizelge 4.63'de verilmiştir. P2 ve P3 örnekleri diğer gruplara kıyasla koku parametresi açısından daha fazla beğenilmiştir (P<0.05). Bu durum, siyah sarımsak içeren çemenler kullanılarak üretilen pastırmalarda rahatsız edici kükürtlü bileşik konsantrasyonunun önemli ölçüde azalmasının yanı sıra oksidatif reaksiyonların geciktirilmesinin bir sonucu olarak kötü kokulu bileşiklerin oluşumunun azalmasına bağlanabilir (Çizelge 4.56; Çizelge 4.57; Şekil 4.16). Öte yandan, pastırma örneklerinin depolama periyodu boyunca benzer koku puanlarına sahip olduğu tespit edilmiştir (P>0.05).

Çizelge 4.62 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Koku Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Koku
Kontrol	100	6.83±1.02[b]
P1	100	6.94±1.06[b]
P2	100	7.63±0.94[a]
P3	100	7.33±0.98[a]

[a,b] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.63 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Koku Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Koku
0	80	7.26±0.72[a]
30	80	7.22±1.24[a]
60	80	7.14±1.45[a]
90	80	7.19±0.98[a]
120	80	7.11±0.62[a]

[a] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

4.5.15.4 Lezzet

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların lezzet puanlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.64 ve Çizelge 4.65'de verilmiştir. En yüksek lezzet skorları 7.75±0.74 ile P2 grubunda, en düşük puanlar ise 6.45±0.85 ile P3 örneklerinde tespit edilmiştir ($P<0.05$). P2 grubu diğer gruplara kıyasla lezzet açısından daha fazla beğenilmiştir ($P<0.05$). Panelistler, %100 siyah sarımsak ve %100 kırmızı kinoa unu içeren çemen formülasyonu kullanılarak üretilen P3 grubunda, özellikle kükürtlü bileşiklerden kaynaklanan rahatsız edici kokunun uzaklaşmasına rağmen pastırmanın tadının olumsuz etkilendiğini, bununla birlikte optimize Ç2 formülasyonu (%50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsak; %30.6 Ticari çemen unu + %69.4 Kırmızı kinoa unu) ile üretilen çemen ile kaplamanın pastırmanın hem koku hem de tat özelliklerini Kontrol gruba kıyasla önemli ölçüde geliştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, P3 grubunda düşük nem içeriğine bağlı olarak yüksek tuz konsantrasyonu (Çizelge 4.21) lezzeti olumsuz etkilemiştir. Öte yandan, pastırma örneklerinin lezzet puanlarında depolama periyodu boyunca önemli değişim tespit edilmemiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.64 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Lezzet Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Lezzet
Kontrol	100	6.98 ± 0.76^{b}
P1	100	7.11 ± 0.70^{b}
P2	100	7.75 ± 0.74^{a}
P3	100	6.45 ± 0.85^{c}

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Çizelge 4.65 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Lezzet Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Lezzet
0	80	7.18 ± 0.83^{a}
30	80	7.24 ± 1.08^{a}
60	80	7.01 ± 0.96^{a}
90	80	6.93 ± 0.84^{a}
120	80	7.00 ± 0.68^{a}

[a] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.05$).

4.5.15.5 Genel Beğeni Düzeyi

Kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların genel beğeni düzeyi puanlarına ait ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları Çizelge 4.66 ve Çizelge 4.67'de verilmiştir. En yüksek genel beğeni düzeyi 7.67±0.56 ile P2 grubunda, en düşük puanlar ise 6.73±0.58 ile P3 örneğinde tespit edilmiştir (P<0.05). Bu durum, P3 grubunun renk ve koku açısından yüksek puanlar almasına rağmen pastırmanın tekstür ve lezzet özelliklerini olumsuz etkilemesine atfedilebilir. Renk/görünüş, tekstür, koku ve lezzet parametreleri birlikte değerlendirildiğinde, özellikle panelistler tarafından en yüksek lezzet puanları alan P2 örnekleri diğer gruplara kıyasla duyusal açıdan en fazla beğenilmiştir (P<0.05). Öte yandan, pastırma örneklerinde depolama periyodu boyunca genel beğeni düzeyi puanlarında meydana gelen değişimin ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir (P>0.05).

Çizelge 4.66 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Genel Beğeni Düzeyi Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Genel beğeni düzeyi
Kontrol	100	7.01±0.57[b]
P1	100	7.06±0.50[b]
P2	100	7.67±0.56[a]
P3	100	6.73±0.58[c]

[a,c] Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4.67 Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Depolama Süresince Belirlenen Genel Beğeni Düzeyi Puanlarına ait Ortalamaların Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Depolama Periyodu (Gün)	N	Genel beğeni düzeyi
0	80	7.21±0.59[a]
30	80	7.20±0.85[a]
60	80	7.03±0.77[a]
90	80	7.12±0.55[a]
120	80	7.00±0.49[a]

[a]Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

Bu sonuçlarla uyumlu olarak, farklı meyve ve sebze ekstraktları (kırmızı lahana, ahududu, nar, kırmızı pancar) içeren çemenler ile üretilen pastırmalarda kontrole kıyasla renk, tekstür, lezzet ve genel kabul edilebilirlik özelliklerinin arttığı ve depolama periyodu duyusal parametrelerdeki değişimin genellikle önemsiz olduğu bildirilmiştir (Aksu ve ark., 2020a, 2020d, 2022, 2023). Benzer bir çalışmada, Ahhmed ve ark. (2017) pastırma çemenine alternatif olarak kullanılan miso kaplamanın, bazı

tüketiciler tarafından algılanan çemen unu ve taze sarımsak kaynaklı hoşa gitmeyen koku/tadı ortadan kaldırarak, bu bileşiklerin yerine terpenler, esterler ve saponinler gibi daha yumuşak, narenciye aromalı, meyvemsi-kavrulmuş lezzete katkıda bulunan aroma bileşikleri sunduğunu ve bu sayede pastırmanın lezzetini iyileştirdiğini belirlemiştir. Öte yandan, Mısır'da üretilen pastırma benzeri kürlenmiş kurutulmuş bir et ürününde çemene alternatif olarak uygulanan kitosan, aljinat ve jelatin bazlı yenilebilir kaplamaların yüksek gaz bariyer özellikleri sayesinde solunum oranlarını geciktirirek, ürünün nem içeriğini koruyarak ve lezzet maddelerinin kaplanmış etten transferini önleyerek ürünün duyusal özelliklerini geliştirdiği ifade edilmiştir (Abdallah ve ark., 2017, 2018).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ticari çemen unu ve taze sarımsağa ikame olarak kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak ikame karışımları kullanılarak üretilen pastırma çemenlerinin 120 günlük depolama periyodu boyunca pastırmanın uçucu bileşik profili, duyusal kabul edilebilirliği, oksidatif stabilitesi, toplam gluten içeriği, mikrobiyal kalitesi, amino asit profili, renk, tekstür ve bazı kimyasal özellikleri üzerine etkilerini detaylı olarak değerlendiren bu araştırmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

1- Kırmızı kinoa ununun biyoaktif özellikler (TFM, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP) ve kırmızılık (a^*) değerleri açısından diğer unlara kıyasla daha yüksek değerlere ve ticari çemen ununa en yakın protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kırmızı kinoa ununun esansiyel amino asit (EA) içeriği ve protein etkinlik oranı (PER) açısından ticari çemen ununa kıyasla daha avantajlı olduğu saptanmıştır.

2- Taze sarımsak ile karşılaştırıldığında, 21 gün olgunlaştırılarak üretilen Taşköprü siyah sarımsağının daha düşük nem, pH, L^* ve b^* değerleri ve daha yüksek kül miktarı, a^* değeri, TFM içeriği, DPPH-ARA, ABTS-ARA ve FRAP değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

3- Sarımsak örneklerinde, HS-SPME/GC-MS yöntemi ile aldehitler, alkoller, asitler, furanlar, kükürtlü bileşikler, ketonlar ve diğer bileşikler olarak kategorize edilen toplam 49 uçucu bileşik tanımlanmıştır. HS-SPME/GC-MS ve SIFT-MS ile belirlenen sonuçlara göre, taze sarımsakta güçlü keskin kokudan sorumlu dialil disülfit, alil metil disülfit ve alil (Z)-1-propenil disülfit başlıca olmak üzere allisin, alil mercaptan, alil metil sülfit gibi sülfür içeren bileşiklerin hakim olduğu, bununla birlikte, aldehitler, ketonlar, furanlar, alkoller ve diğer bileşiklerin siyah sarımsakta daha fazla bulunduğu tespit edilmiştir.

4- Pastırma üretiminde kullanılan çemen formülasyonlarının optimizasyonu, Simplex Lattice Mixture dizayn ile ticari çemen unu + üç farklı kinoa unu (beyaz, kırmızı, siyah kinoa) olmak üzere toplam 4 unun farklı oranlarını içerecek şekilde 15'er formülasyondan oluşan 3 ayrı deneysel tasarıma göre üretilen toplam 45 pastırma çemen formülasyonu arasından TFM içeriği, ABTS-ARA, enstrümental kırmızılık (a^*), sürülebilirlik ve genel beğeni düzeyi yanıtları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

5- Optimizasyon için üretilen çemen formülasyonlarında, siyah sarımsak kullanımı ve miktarı arttıkça çemenlerin a^* değerlerinde azalma meydana gelmiş, taze ve siyah sarımsağın birlikte yer aldığı formülasyonlarda kırmızılığın kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu gözlenmiştir. Pastırma çemeni üretiminde ticari çemen unu ve siyah sarımsak kullanım oranı arttıkça kesme işi değerlerinin arttığı, ticari çemen unlarına en yakın kesme işi değerlerini kırmızı kinoa unlarının sağladığı tespit edilmiştir. Üç tasarım birlikte değerlendirildiğinde, çemen formülasyonunda siyah sarımsak kullanımı ile TFM içerik ve antioksidan aktivitenin arttığı, bu artışın konsantrasyona bağlı olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, kırmızı kinoa unu içeren formülasyonlarda genellikle daha yüksek antioksidan kapasite belirlenmiştir. Beyaz kinoa unu, kontrol çemenlerin renk özelliklerini sürdürmesine rağmen lezzet ve tekstürel özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Siyah kinoa unu içeren çemenler ise Kontrol gruplara kıyasla düşük renk/görünüm ve zayıf yapı/tekstür puanlarının sonucu olarak panelistler tarafından düşük duyusal beğeni düzeyi skorları almıştır. Kırmızı kinoa unu kullanımının çemenlerin lezzetini geliştirdiği, rengi önemli derecede koruduğu ve Kontrol gruplara yakın tekstürel özellikler sergilediği belirlenmiştir. Öte yandan, formülasyona siyah sarımsak dahil edilmesi ile birlikte çemenlerin duyusal beğeni düzeylerinde artış gözlenmiş, formülasyonda %50 taze sarımsak ve %50 siyah sarımsak içeren çemenler yalnızca taze sarımsak (%100) veya siyah sarımsak (%100) kullanılan gruplardan daha fazla beğenilmiştir.

6- Maksimum, minimum hedefler ve istenirlik profili dikkate alınarak Optimizasyon-1 için %81.5 ticari çemen unu + %18.5 kırmızı kinoa unu (Ç1), Optimizasyon-2 için %30.6 ticari çemen unu + %69.6 kırmızı kinoa unu (Ç2), Optimizasyon-3 için %100 kırmızı kinoa unu (Ç3) içeren karışımlar ile en yüksek istenirliğe ulaşılabileceği belirlenmiştir. Elde edilen tahmin modellerinin yeterli ve uygun olup olmadığını belirlemek için, optimize edilen formülasyonlarda analizler tekrarlanarak beklenen ve deneysel değerlere göre model doğrulaması yapılmış, gözlenen ve tahmin edilen değerler arasında iyi bir uyum olduğu saptanmıştır.

7- Optimizasyon sonrası pastırma üretiminde kullanılan Kontrol ve optimize çemenlerin çeşitli özellikleri belirlenmiştir. Çemen formülasyonlarına siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu dahil edilmesi pastırma çemenlerinin TFM içeriği ve antioksidan aktivite değerlerinde artış ile sonuçlanmıştır. Siyah sarımsak kullanımı çemenlerin pH değeri, nem ve protein içeriğini azaltırken, formülasyonda kırmızı kinoa unu oranı arttıkça protein içeriğinde azalma, yağ içeriğinde ise artış meydana gelmiştir. Kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak ticari çemen unu ve taze sarımsağa kıyasla daha yüksek kırmızlık (a^*) değerlerine sahip olmasına rağmen, daha düşük parlaklık (L^*) değerleri çemenlerin renk değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Optimizasyon sırasında sürülebilirlik için aynı hedef değer belirlendiğinden dolayı kontrol ve optimize pastırma çemenleri benzer sertlik ve kesme işi değerlerine sahip olmasına rağmen, özellikle yüksek oranda kırmızı kinoa unu kullanılan çemenlerde yapışkanlık özelliğinin azaldığı belirlenmiştir.
8- Formülasyonlarda ticari çemen ununa ikame olarak kırmızı kinoa unu kullanımı, çemenlerin toplam gluten içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. En yüksek toplam gluten içerik 27.44 ppm olarak Kontrol çemenlerde belirlenirken, optimize Ç1 ve Ç2 örneklerinde Kontrol gruba kıyasla sırasıyla %22.08 ve %73.76 azalmış ve %100 kırmızı kinoa ununun kullanıldığı Ç3 örneğinde ise tespit edilebilir sınırın (<5 ppm) altında saptanmıştır. Gluten içeriği <20 ppm olan numunelerin glutensiz olarak kabul edildiği dikkate alındığında, Ç2 ve Ç3 çemen gruplarının kabul edilebilir düzeyin altında toplam gluten içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Literatürde, pastırma çemen unları, pastırma çemeni ve pastırmanın toplam gluten içeriğinin araştırıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda, mevcut araştırma sonuçları oldukça önemlidir.
9- Pastırma çemen formülasyonlarında kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak kullanımı, çemenlerin esansiyel amino asit (EA) içeriğini Kontrol gruba kıyasla önemli düzeyde artırmıştır. En yüksek ve en düşük EA içerikler sırasıyla Ç3 ve Kontrol çemen örneklerinde belirlenirken, optimize çemenlerin PER değerlerinin Kontrol çemene nazaran arttığı, Ç2 örneğinin en yüksek PER değerlerine sahip olduğu saptanmıştır.

10- HS-SPME/GC-MS ve SIFT-MS ile kalitatif ve kantitatif olarak belirlenen uçucu bileşik profili sonuçları, pastırma çemeni formülasyonuna siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu ilavesinin esterler, alkoller, ketonlar, asitler ve furanların içeriğini artırdığını ve kükürt içeren bileşiklerinin içeriğini azalttığını göstermiştir.
11- Duyusal özellikler açısından, kontrol ve optimize çemen grupları benzer sürülebilirlik özellikleri sergilerken, kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak içeren çemenlerde kükürtlü bileşiklerin içeriğindeki azalma ve özellikle kavrulmuş ve meyvemsi-tatlı aroma konsantrasyonundaki artışın bir sonucu olarak, en yüksek koku, tat ve genel beğeni düzeyi puanları Ç2 ve Ç3 gruplarında belirlenmiştir. Bununla birlikte, formülasyonda yalnızca siyah sarımsak kullanımının çemen rengini olumsuz etkilediği, taze ve siyah sarımsağın birlikte yer aldığı ve en yüksek renk skorları alan Ç2 formülasyonunun çemende tüketiciler tarafından arzu edilen renge katkı sunduğu gözlenmiştir.
12- Kontrol ve optimize çemen formülasyonları ile üretilen pastırma örneklerinin protein içerikleri arasında anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir. P3 örneği, en düşük nem ve en yüksek yağ ve kül içeriğine sahipken, diğer pastırma gruplarının nem, yağ ve kül içeriklerinin benzer olduğu bulunmuştur.
13- Pastırma örneklerinin tuz ve kalıntı içeriği muameleden çok önemli ($P<0.01$) etkilenmiş, en yüksek tuz içerikleri P2 ve P3 gruplarında belirlenmiştir. Çemen formülasyonunda siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı pastırmanın kalıntı nitrit içeriğini kontrole kıyasla azaltmıştır.
14- Tekstürel özellikler incelendiğinde, diğer pastırma gruplarına kıyasla daha düşük nem içeriğine sahip olan P3 örneğinin en yüksek kesme kuvvetine ihtiyaç duyduğu, diğer muamele grupları arasında ise kesme kuvveti açısından anlamlı farklılık olmadığı saptanmıştır.
15- Pastırma örneklerinin toplam gluten içerikleri üzerine kontrol ve optimize çemen formülasyonları ile muamelenin çok önemli ($P<0.01$) etkileri gözlenmiştir. Kontrol ve P1 pastırmalar arasında istatistiksel olarak fark olmadığı, sırasıyla %60.4 ve %100 oranlarda kırmızı kinoa unu içeren Ç2 ve Ç3 çemen formülasyonları ile muamele edilen P2 ve P3 örneklerinde toplam gluten içeriğin kontrole kıyasla azaldığı hatta tespit edilebilir seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir. Glutensiz ürünler için sınır değer (<20 ppm) dikkate alındığında,

mevcut çalışmada üretilen tüm pastırma örnekleri depolama başlanıcında tespit edilen değerlere göre glutensiz olarak kabul edilebilir.

16- Pastırma örneklerinin TFM içeriği, ABTS-ARA, DPPH-ARA ve FRAP değerleri muameleden çok önemli ($P<0.01$) etkilenmiştir. Kontrole kıyasla, kırmızı kinoa ve siyah sarımsak içeren optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların TFM içeriği 1.6 kat, ABTS-ARA, DPPH-ARA ve FRAP değerleri ise sırasıyla 1.2, 1.7 ve 1.4 kata kadar artış göstermiştir. Kontrol ve P1 örneklerinin biyoaktif özellikler açısından benzer değerler aldığı, en yüksek değerlere ise genellikle P3 grubunun sahip olduğu saptanmıştır.

17- Pastırma çemen formülasyonlarında kırmızı kinoa unu ve siyah sarımsak kullanımı, pastırmanın esansiyel amino asit (EA) içeriğini Kontrol gruba kıyasla önemli düzeyde artırmıştır. En yüksek ve en düşük EA içerikleri sırasıyla P3 ve Kontrol pastırma örneklerinde belirlenmiştir. Protein etkinlik oranı (PER) değerlerinin P2 ve P3 gruplarında Kontrol ve P1 örneklerine nazaran daha yüksek olduğu saptanmıştır.

18- Pastırmaların nem içeriği, pH değeri, TBARS ve karbonil içeriği üzerine muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun çok önemli ($P<0.01$) etkileri tespit edilmiştir. Optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen pastırmaların nem içeriği, pH değeri, TBARS ve karbonil içeriği Kontrol gruba kıyasla azalmış, depolama süresince genellikle en düşük değerler P3 ve P2 örneğinde, en yüksek değerler ise Kontrol ve P1 gruplarında belirlenmiştir. Nem içeriği, 120 günlük depolama periyodu boyunca kademeli olarak azalmış, depolamanın 90. gününden itibaren tüm pastırma örneklerinin benzer nem içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, pH değerleri depolamanın 30. gününde meydana gelen hafif azalmanın (P3 hariç) ardından kademeli olarak artış göstermiştir. Depolama periyodu boyunca tüm pastırma örneklerinin TBARS değerleri başlangıç değerlere kıyasla artış göstermiş, depolamanın 90. gününde Kontrol ve P1 örneklerinin TBARS değerleri en yüksek seviyeye ulaştıktan sonra azalmıştır. Sığır eti için oksidatif acılaşma ve duyusal kabul edilebilirlik eşik değeri (2 mg MDA/kg) dikkate alındığında, Kontrol ve P1 numunelerinin 60. günden sonra sınır değerleri aştığı, P2 ve P3 gruplarının ise 120 günlük depolama periyodu boyunca kabul edilebilir sınırlar içinde MDA içeriğine sahip olduğu

saptanmıştır. Karbonil içeriğin tüm uygulamalarda depolama sırasında arttığı, ancak bu artışın Kontrol ve P1 gruplarında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda, P2 ve P3 pastırmaların karbonil içeriği diğer örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar, çemen formülasyonunda taze sarımsak ve ticari çemen ununa ikame olarak siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımının pastırmada lipid ve protein oksidasyonunu azalttığını, bu azalmanın siyah sarımsak ve kırmızı kinoa ununun artan konsantrasyonuna bağlı olduğunu göstermiştir.

19- Pastırma örneklerinin NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliği muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonundan çok önemli ($P<0.01$) etkilenmiştir. Pastırma üretiminde optimize çemen formülasyonlarının kullanımı, NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliğinde artış ile sonuçlanmıştır. En yüksek NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliği P3 grubunda, en düşük değerler ise önemsiz farklılıklarla Kontrol ve P1 örneklerinde tespit edilmiştir. Pastırma örneklerinin NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliği depolama süresince genellikle azalmıştır. Depolamanın 0 ve 30. günlerinde Kontrol ve P1 gruplarının benzer NOMb içeriğe sahip olduğu, takip eden periyotlarda azaldığı tespit edilmiştir. Öte yandan, P3 ve P2 gruplarının NOMb içeriği depolamanın 90. gününe kadar önemli derecede korunmuştur. Bununla birlikte, depolama periyodu sonunda Kontrol ile P1, P3 ile P2 örneklerinin benzer NOMb konsantrasyonlarına sahip olduğu saptanmıştır. Benzer sonuçlar, kürleme etkinliği için de gözlenmiştir. Kontrol ve P1 örneklerinin kürleme etkinliği 60. günden itibaren azalırken, P2 ve P3 grupları için kürleme etkinliği 90. güne kadar sürmüştür. Depolama periyodu sonunda en yüksek kürleme etkinliği P3 grubunda belirlenmiştir. Bu sonuçlar, özellikle yüksek oranda siyah sarımsak içeren çemen formülasyonları ile üretilen pastırmalarda pigment oksidasyonundaki azalmanın bir sonucu olarak NOMb içeriğin kontrole kıyasla daha iyi korunduğunu göstermiştir.

20- Pastırma örneklerinin dış yüzey L^* ve b^* değerleri üzerine muamele ve depolama periyodunun çok önemli ($P<0.01$) etkileri gözlenmiş, dış yüzey a^* değerleri ise muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonundan çok önemli ($P<0.01$) etkilenmiştir. Pastırmanın dış yüzey L^* ve b^* renk değerleri çemen

formülasyonunda düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu kullanımı ile artarken, siyah sarımsak kullanımı ile azalmıştır. Depolama başlangıcında, en yüksek dış yüzey *a** değerleri önemsiz farklılıklarla Kontrol ve P1 gruplarında, en düşük değerler ise P3 örneğinde belirlenmiştir. Depolamanın 90. gününde P3 örneği hariç diğer gruplar, 120. günde ise tüm pastırma örneklerinin benzer dış yüzey *a** değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, yüksek başlangıç dış yüzey *a** değerlerine sahip örneklerde dahi depolama periyodu boyunca renk stabilitesinin sağlanamadığı ve arzu edilen kırmızılık özelliğinde büyük ölçüde kayıp olduğu anlaşılmaktadır. Pastırmaların dış yüzey *L**, *a** ve *b** değerlerinde depolama süresince kademeli olarak azalma meydana gelmiştir. Ancak, P1 ve P2 gruplarının dış yüzey *a** değerindeki azalma diğer örneklere nazaran daha sınırlı düzeydedir. Bu sonuçlara göre, çemen formülasyonunda yalnızca siyah sarımsak kullanımının pastırmanın dış yüzey renk değerlerini olumsuz etkilediği, bu nedenle formülasyonda taze sarımsak ve siyah sarımsağın birlikte yer alması gerektiği ifade edilebilir.

21- Pastırmaların kesit yüzey *L** ve *b** değerleri üzerine muamele ve depolama periyodunun, kesit yüzey *a** değerleri üzerine ise muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonunun çok önemli ($P<0.01$) etkileri gözlenmiştir. En yüksek kesit yüzey *L** değerleri P1 ve P2 gruplarında, en düşük değerler ise benzer değerlere sahip Kontrol ve P3 örneklerinde belirlenmiştir. En düşük kesit yüzey *b** değerleri Kontrol ve P1 gruplarında, en yüksek değer ise P3 örneğinde tespit edilmiştir. Pastırma numunelerinin kesit yüzey *L** ve *b** değerlerinin depolamanın 90. gününe kadar benzer olduğu takip eden günlerde ise azaldığı saptanmıştır. Öte yandan, depolama periyodu boyunca Kontrol-P1 ve P2-P3 gruplarının benzer kesit yüzey *a** değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Özellikle 90. günden itibaren olmak üzere kesit yüzey *a** değerleri depolama periyodu ilerledikçe Kontrol ve P1 muamele gruplarında azalırken, P2 ve P3 gruplarında depolama periyodu boyunca korunmuştur. Bu sonuçlara göre, düşük oranda (%18.5) kırmızı kinoa unu içeren çemenlerin kullanımı pastırmanın kesit yüzey *L** değerlerini, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı ise pastırmanın kesit yüzey *a** ve *b** değerlerini kontrole kıyasla artırmıştır.

22- Pastırma örneklerinin LAB ve maya/küf sayımları üzerine muamele ve depolama periyodu, TAMB sayımları üzerine depolama periyodu, *M/S* sayımları üzerine ise muamele x depolama periyodu (MxDP) interaksiyonu çok önemli ($P<0.01$) etki göstermiştir. Tüm pastırma gruplarında benzer olan TAMB sayımları, 30. gündeki artışın ardından takip eden depolama periyotlarında azalmış ancak bu azalma önemsiz düzeydedir. En yüksek LAB ve maya/küf sayımları P3 örneğinde belirlenirken, diğer muamele gruplarının benzer sayımlarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Pastırma örneklerinin LAB sayımları 30. gündeki artışın ardından, *M/S* sayımları 60. günden itibaren, depolamanın 90. gününe kadar benzer seyreden maya/küf sayımları ise takip eden günlerde azalmıştır. En düşük başlangıç *M/S* sayımları P3 örneğinde belirlenmiş, diğer gruplar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte, depolama periyodu boyunca Kontrol-P1 ve P2-P3 gruplarının benzer *M/S* sayımlara sahip olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, %100 siyah sarımsak ve %100 kırmızı kinoa unu içeren çemen formülasyonları ile kaplama işlemi, pastırmanın LAB ve maya/küf sayımlarını kontrole kıyasla artırırken, *M/S* sayımlarını azaltmıştır. Bununla birlikte, taze sarımsak ve siyah sarımsağın eşit oranda kullanıldığı formülasyonlarla üretilen pastırmalarda kontrol gruba benzer maya/küf gelişimi gözlenmiştir.

23- Mevcut çalışmada, kontrol ve optimize çemen formülasyonları kullanılarak üretilen bütün pastırma gruplarında depolama periyodu boyunca belirlenen Enterobacteriaceae sayımları tespit edilebilir sınırın (<2 kob/g) altındadır.

24- Pastırma örneklerinde HS-SPME/GC-MS ile aldehitler, alkoller, asitler, esterler, furanlar, kükürtlü bileşikler, ketonlar ve diğer bileşikler olarak kategorize edilen toplam 52 uçucu bileşik tespit edilmiştir. Kontrol pastırmaların depolama başlangıcında tespit edilen uçucu bileşik profilinde sülfürlü bileşiklerin (%91.40) hakim olduğu, bunu aldehitler (%3.52) ve ketonların (%2.84) izlediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, pastırma örneklerinin sülfürlü bileşik konsantrasyonu, pastırma çemeni formülasyonunda kullanılan siyah sarımsak seviyesi arttıkça azalmış, P2 ve P3 muamele gruplarında sırasıyla %80.72 ve %20.90 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 120. gününde pastırma örneklerinde sülfürlü bileşikler için tespit edilen nispi konsantrasyonlar genel olarak azalmıştır. Çemen formülasyonunda siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı, pastırma

örneklerinin keton bileşik içeriğinde artış ile sonuçlanmıştır. Özellikle, P3 pastırmaların uçucu bileşik profilinde ketonların hakim (%57.27) olduğu gözlenmiştir. Pastırma örneklerinin depolama süresi boyunca benzer alkol konsantrasyonuna sahip olduğu, ekşimsi lezzete katkı sunan asitlerin nispi konsantrasyonlarının depolamanın 120. gününde depolama başlangıcına kıyasla genel olarak arttığı saptanmıştır.

25- HS-SPME/GC-MS ve SIFT-MS ile belirlenen sonuçlara göre, genel olarak en düşük sülfürlü bileşik miktarları P3 örneğinde tespit edilmiş olup, Kontrol ve P1 gruplarının benzer içeriklere sahip olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, pastırma çemen formülasyonlarında siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı ile pastırmada bazı tüketiciler tarafından rahatsız edici olarak kabul edilen sülfürlü bileşik kaynaklı kokunun azaltılabileceğini göstermiştir. Öte yandan, lipid oksidasyonunun bir göstergesi olan hekzanal içeriği, pastırma üretiminde çemenleme aşamasında siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu kullanımı ile Kontrol pastırma örneğindeki 200.4 ppbv seviyesinden P3 örneğinde 47 ppbv'ye kadar azalmıştır. Depolama süresince pastırma örneklerinin hekzanal içeriği artış göstermiş, bununla birlikte 120. günde en düşük hekzanal içeriği P3 grubunda belirlenmiştir.

26- Tüm duyusal parametreler (renk/görünüş, tekstür, koku, lezzet ve genel beğeni düzeyi) üzerine muamelenin çok önemli ($P<0.01$) etkisi gözlenmiş, depolama periyodu ise yalnızca tekstür puanlarını önemli ($P<0.01$) etkilemiştir. Diğer gruplara kıyasla daha yüksek kesit yüzey a^* değerlerine sahip olan P2 ve P3 örnekleri renk/görünüş açısından daha fazla beğenilmiştir. En düşük tekstür puanları nem içeriğinin en düşük ve kesme kuvvetinin en yüksek olduğu P3 örneğinde belirlenirken, diğer gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur. Pastırmaların nem içeriğindeki azalmadan dolayı 90. günden itibaren tekstür puanları azalmıştır. P2 ve P3 örnekleri diğer gruplara kıyasla koku açısından daha fazla beğenilmiştir. En yüksek ve en düşük lezzet skorları sırasıyla P2 ve P3 örneklerinde tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak, en yüksek genel beğeni düzeyi puanları P2 grubunda, en düşük puanlar ise renk ve koku açısından yüksek puanlar almasına rağmen pastırmanın tekstür ve lezzet özelliklerini olumsuz etkileyen P3 örneğinde tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa ununun pastırma çemen formülasyonuna dahil edilmesi, pastırmada taze sarımsak ve çemen unundan kaynaklanan ve bazı tüketiciler tarafından istenmeyen kokuyu ortadan kaldırdığı için duyusal kabulü önemli ölçüde geliştirmiştir. Ayrıca, siyah sarımsak ve kırmızı kinoa unu, taze sarımsak ve ticari çemen ununa kıyasla daha üstün biyoaktif özellikleri sayesinde pastırmada oksidatif reaksiyonların geciktirilmesi, arzu edilen kesit yüzey kırmızılığın sağlanması ve renk stabilitesinin artırılmasına önemli katkı sunmuştur. %100 siyah sarımsak ve %100 kırmızı kinoa unu içeren çemen formülasyonu kullanılarak üretilen P3 grubunda, özellikle kükürtlü bileşiklerden kaynaklanan rahatsız edici kokunun uzaklaşmasına rağmen pastırmanın tekstür ve tadının olumsuz etkilendiği, bununla birlikte optimize Ç2 formülasyonu (%50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsak; %30.6 Ticari çemen unu + %69.4 Kırmızı kinoa unu) ile üretilen çemen ile kaplamanın pastırmanın hem koku hem de tat özelliklerini Kontrol gruba kıyasla önemli ölçüde geliştirdiğini belirlenmiştir. Bu bağlamda, P3 örneği, lipid ve protein oksidasyonu, kırmızılık (a^*), NOMb konsantrasyonu ve kürleme etkinliği açısından etkili sonuçlar sunmasına rağmen, duyusal kabul edilebilirlik göz önüne alındığında, diğer tüm parametreler için de Ç3 örneğine en yakın değerler sunan optimize Ç2 formülasyonu (%50 taze sarımsak + %50 siyah sarımsak; %30.6 Ticari çemen unu + %69.4 Kırmızı kinoa unu) pastırmada oksidatif reaksiyonların geciktirilmesi, renk stabilitesi ve duyusal beğeni düzeyinin artırılması için önerilebilir.

Öte yandan, mevcut çalışma ticari çemen unu, pastırma çemeni ve pastırmanın toplam gluten içeriğinin araştırıldığı ilk çalışmadır. Bu kapsamda, pastırma örneklerinde tespit edilen toplam gluten miktarının glutensiz ürünler için kabul edilen sınır değerlerin altında olmasına rağmen, piyasada farklı firmalara ait çok sayıda ticari çemen unu karışımı olduğu ve üretilen çemen/pastırmaların nem içeriklerindeki farklılıklar göz önüne alındığında, bu sonuçlar kontrol pastırma örneklerinin gluten hassasiyeti olan ve çölyak hastaları için risk teşkil edebileceğini göstermiştir. Bu nedenle, bu konu üzerinde kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu bağlamda, sonraki çalışmalarda kırmızı kinoa ununun yanı sıra gluten içermeyen biyoaktif ve tekno-fonksiyonel özellikleri yüksek unların ticari çemen unlarına alternatif olarak pastırma çemen formülasyonlarında kullanım imkanlarının araştırılması da önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

Aasim, M., Baloch, FS., Nadeem, MA., Bakhsh, A., Sameeullah, M. & Day, S. (2018). Fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.): An underutilized edible plant of modern world. *Global Perspectives on Underutilized Crops*, 381-408.

Abdallah, MR., Mohamed, MA., Mohamed, HM. & Emara, MM. (2017). Improving the sensory, physicochemical and microbiological quality of pastirma (A traditional dry cured meat product) using chitosan coating. *LWT-Food Science and Technology*, 86, 247-253.

Abdallah, MR., Mohamed, MA., Mohamed, H. & Emara, MT. (2018). Application of alginate and gelatin-based edible coating materials as alternatives to traditional coating for improving the quality of pastirma. *Food Science and Biotechnology*, 27(6), 1589-1597.

Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, MC. & Condezo-Hoyos, L. (2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd.) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*, 183, 83-90.

Abe, K., Hori, Y., & Myoda, T. (2020). Volatile compounds of fresh and processed garlic. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 19(2), 1585-1593.

Afzaal, M., Saeed, F., Rasheed, R., Hussain, M., Aamir, M., Hussain, S., ... & Anjum, FM. (2021). Nutritional, biological, and therapeutic properties of black garlic: A critical review. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 1387-1402.

Ahhmed, MA. (2014). Traditional cured meat-making process degrades the proteins of *M. latissimus dorsi* of bovine. *International Food Research Journal*, 21(1), 139-148.

Ahhmed, A., Özcan, C., Karaman, S., Öztürk, İ., Çam, M., Fayemi, PO., ... & Yetim, H. (2017). Utilization of fermented soybeans paste as flavoring lamination for Turkish dry-cured meat. *Meat Science*, 127, 35-44.

Ahmed, T. & Wang, CK. (2021). Black garlic and its bioactive compounds on human health diseases: A review. *Molecules*, 26(16), 5028.

Akan, S. & Ünüvar, İ. (2017). Sarımsak üretim ve ticaretinin ekonomik önemi. *III. IBANESS Kongreler Serisi*, 04-05 Mart, Edirne / Türkiye.

Akköse, A., Ünal, N., Yalınkılıç, B., Kaban, G. & Kaya, M. (2017). Volatile compounds and some physico-chemical properties of pastırma produced with different nitrate levels. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(8), 1168.

Aksu, MI. & Kaya, M. (2001). Pastırma üretiminde starter kültür kullanımının son ürün özellikleri üzerine etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 25, 847-854.

Aksu, MI., Kaya, M. & Ockerman, HW. (2005). Effect of modified atmosphere packaging and temperature on the shelf life of sliced pastirma produced from frozen/thawed meat. *Journal of Muscle Foods*, 16(3), 192-206.

Aksu MI., Erdemir, E., Turan, E. & Sat, IG. (2020a). Effects of red beet extracts on protein and lipid oxidation, colour, microbial, sensory properties and storage stability of Turkish pastırma. *Journal of Stored Products Research*, 89, 101721.

Aksu, MI., Turan, E. & Şat, IG. (2020b). Effects of lyophilized red cabbage water extract and pH levels on the quality properties of pastırma cemen paste during chilled storage. *Journal of Stored Products Research*, 89, 101696.

Aksu, MI., Turan, E., Sat, IG., Erdemir, E., Oz, F. & Gürses, M. (2020c). Improvement of quality properties of cemen paste of pastirma by lyophilized red cabbage water extract. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), e14714.

Aksu, MI., Erdemir, E., Oz, F., Turan, E. & Gürses, M. (2020d). Effects of cemen paste with lyophilized red cabbage water extract on the quality characteristics of beef pastırma during processing and storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11), e14897.

Aksu, MI., Turan, E., Şat, IG. & Erdemir, E. (2021). Red raspberry (Rubus ideaus L.) extracts: A novel ingredient in cemen paste. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), e15930.

Aksu, MI. & Erdemir, E. (2022). The effect of potassium lactate on the free amino acid composition, lipid oxidation, colour, microbiological, and sensory properties of ready-to-eat pastırma, a dry-cured and dried meat product. *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1288-1298.

Aksu, MI., Erdemir, E., Turan, E. & Öz, F. (2022). Chemical, microbial, color, oxidative and sensory properties of clean-label pastırma produced with raspberry water extracts as a novel ingredient. *Meat Science*, 186, 108737.

Aksu, MI., Turan, E., Erdemir, E. & Öz, F. (2023). Freeze-dried pomegranate extract as a natural and novel ingredient in cemen paste and pastırma quality during refrigerated storage. *European Food Research and Technology*, 249(5), 1329-1341.

Aljuhaimi, F., Şimşek, Ş., Özcan, MM., Ghafoor, K., & Babiker, EE. (2018). Effect of location on chemical properties, amino acid and fatty acid compositions of fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.) seed and oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(4), e13569.

Alirezalu, K., Movlan, HS., Yaghoubi, M., Pateiro, M. & Lorenzo, JM. (2021). ε-polylysine coating with stinging nettle extract for fresh beef preservation. *Meat Science*, 176, 108474.

Amiraian, DE. & Sobal, J. (2009). Dating and eating. Beliefs about dating foods among university students. *Appetite*, 53(2), 226-232.

Angerosa, F., Servili, M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Esposto, S. & Montedoro, G. (2004). Volatile compounds in virgin olive oil: occurrence and their relationship with the quality. *Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 17-31.

Anonim, (2012). Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği. Tebliğ No: 2012/4.

Anonim, (2023). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Resmî Gazete Tarihi: 13.10.2023; Resmî Gazete Sayısı: 32338 (Mükerrer).

Anonim, (2019). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2018/52, Tarım ve Bakanlığı, Ankara.

Anonim, (2024a). https://www.hurriyet.com.tr/aile/yazarlar/idil-d-imamoglu/pastirma-tuketirken-bunlara-dikkat-412885 (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024).

Anonim, (2024b). https://www.polonez.com.tr/tr/all_products/16 (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024).

Anonim, (2024c). https://www.basyazici.com.tr/pastirma (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024).

Anonim, (2024d). https://www.pinar.com.tr/urunler/detay-et/Pastirma/3663/4934/0 (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024).

Anonim, (2024e). http://www.namsangida.com.tr/kategori.php?kategori=1 (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024).

Anonim, (2024f). https://www.polonez.com.tr/tr/news_detail/polonez-den-turkiye-de-bir-ilk-glutensiz-pastirma (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024).

Anonim, (2024g). https://www.apikoglu.com.tr/dana-pastirma-cemeni-siyrilmis-90-gr (Erişim tarihi: 10 Şubat 2024).

AOAC, (2003). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th edn, Association of Official Analytical Chemists. 17th edn. Arlington, Virginia.

Armenteros, M., Heinonen, M., Ollilainen, V., Toldrá, F. & Estévez, M. (2009). Analysis of protein carbonyls in meat products by using the DNPH method, fluorescence spectroscopy and liquid chromatography–electrospray ionisation–mass spectrometry (LC–ESI–MS). *Meat Science*, 83(1), 104–112.

Atlaw, TK., & Kumar, JY. (2018). Effect of germination on nutritional composition and functional properties of fenugreek (Trigonellafoenum-graecum Linn) seed flour. *Food Science and Quality Management*, 76, 18-23.

Ayas, GE., Ayhan, Z., Duraccio, D., Silvestre, C., & Cimmino, S. (2020). Application of polypropylene-based nanocomposite films for sliced Turkish Pastrami under vacuum/modified atmosphere packaging: A pilot study. *Coatings*, 10(11), 1125.

Bae, SE., Cho, SY., Won, YD., Lee, SH. & Park, HJ. (2012). A comparative study of the different analytical methods for analysis of S-allyl cysteine in black garlic by HPLC. *LWT-Food Science and Technology*, 46(2), 532-535.

Bae, SE., Cho, SY., Won, YD., Lee, SH. & Park, HJ. (2014). Changes in S-allyl cysteine contents and physicochemical properties of black garlic during heat treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 397-402.

Bahmanyar, F., Hosseini, SM., Mirmoghtadaie, L. & Shojaee-Aliabadi, S. (2021). Effects of replacing soy protein and bread crumb with quinoa and buckwheat flour in functional beef burger formulation. *Meat Science*, 172, 108305.

Barido, FH., Jang, A., Pak, JI., Kim, YJ. & Lee, SK. (2021). The effect of pretreated black garlic extracts on the antioxidative status and quality characteristics of Korean ginseng chicken soup (Samgyetang). *Food Science of Animal Resources*, 41(6), 1036.

Barido, FH., Jang, A., Pak, JI., Kim, YJ. & Lee, SK. (2022a). Combined effects of processing method and black garlic extract on quality characteristics, antioxidative, and fatty acid profile of chicken breast. *Poultry Science*, 101(4), 101723.

Barido, FH., Utama, DT., Kim, YJ. & Lee, SK. (2022b). Fatty acid profiles and flavour-related compounds of retorted Korean ginseng chicken soup (Samgyetang) affected by pre-treated black garlic extract. *Animal Bioscience*, 35(7), 1080.

Bayan, L., Koulivand, PH. & Gorji, A. (2014). Garlic: A review of potential therapeutic effects. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 4(1), 1.

Bedrníček, J., Laknerová, I., Lorenc, F., Moraes, PPD., Jarošová, M., Samková, E. ... & Smetana, P. (2021). The use of a thermal process to produce black garlic: Differences in the physicochemical and sensory characteristics using seven varieties of fresh garlic. *Foods*, 10(11), 2703.

ben Hammouda, I., Freitas, F., Ammar, S., Da Silva, MG. & Bouaziz, M. (2017). Comparison and characterization of volatile compounds as markers of oils stability during frying by HS–SPME-GC/MS and Chemometric analysis. *Journal of Chromatography B*, 1068, 322-334.

Benzie, IF. & Strain, JJ. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.

Bilgin, Ö., Çarlı, U., Erdoğan, S., Mavış, ME., Goksu-Gursu, G. & Yılmaz, M. (2018). Karadeniz'de avlanan hamsi balığı, *Engraulis encrasicolus*, etinin amino asit içeriğinin LC-MS/MS kullanılarak tespiti. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 465-470.

Blank, I., Lin, J., Devaud, S., Fumeaux, R., & Fay, L. B. (1997). The principal flavor components of fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.). In *ACS Symposium Series*, 660 (3), 12-28.

Blois, MS. (1958). "Antioxidant determinations by the use of a stable free radical". *Nature*, 181(4617), 1199-1200.

Borrelli, F., Capasso, R. & Izzo, AA. (2007). Garlic (*Allium sativum* L.): Adverse effects and drug interactions in humans. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(11), 1386-1397.

Brand-Williams, W., Cuvelier, ME. & Berset, CLWT. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.

Campo, MM., Nute, GR., Hughes, SI., Enser, M., Wood, JD. & Richardson, RI. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303-311.

Carranza-Concha, J., Chairez-Huerta, SG., Contreras-Martínez, CS. & García-Martínez, E. (2021). Characterization of nutritional and antioxidant properties of quinoa seeds (Chenopodium quinoa Willd.). *Revista fitotecnia mexicana*, 44(3), 357-365.

Cemeroğlu, B., 2010. Gıda Analizleri. Ankara: Gıda teknolojisi Derneği Yayınları No:34.

Chang, TC., & Jang, HD. (2021). Optimization of aging time for improved antioxidant activity and bacteriostatic capacity of fresh and black garlic. *Applied Sciences*, 11(5), 2377.

Chaubey, PS., Somani, G., Kanchan, D., Sathaye, S., Varakumar, S. & Singhal, RS. (2018). Evaluation of debittered and germinated fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) seed flour on the chemical characteristics, biological activities, and sensory profile of fortified bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13395.

Chavan, UD., McKenzie, DB. & Shahidi, F. (2001). Protein classification of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chemistry*, 75(2), 145-153.

Chen, YA., Tsai, JC., Cheng, KC., Liu, KF., Chang, CK. & Hsieh, CW. (2018). Extracts of black garlic exhibits gastrointestinal motility effect. *Food Research International*, 107, 102-109.

Choi, DJ., Lee, SJ., Kang, MJ., Cho, HS., Sung, NJ. & Shin, JH. (2008). Physicochemical characteristics of black garlic (Allium sativum L.). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 37(4), 465-471.

Choi, IS., Cha, HS. & Lee, YS. (2014). Physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Molecules*, 19(10), 16811-16823.

Chua, LS., Abdullah, FI. & Lim, SH. (2022). Physiochemical changes and nutritional content of black garlic during fermentation. *Applied Food Research*, 2(2), 100216.

Culetu, A., Susman, IE., Duta, DE. & Belc, N. (2021). Nutritional and functional properties of gluten-free flours. *Applied Sciences*, 11(14), 6283.

Çakıcı, N., Aksu, MI. & Erdemir, E. (2015). A survey of the physico-chemical and microbiological quality of different pastırma types: A dry-cured meat product. *CyTA-Journal of Food*, 13(2), 196-203.

Chan, KH., Chang, CK., Gavahian, M., Yudhistira, B., Santoso, SP., Cheng, KC. & Hsieh, CW. (2022). The impact of different pretreatment processes (freezing, ultrasound and high pressure) on the sensory and functional properties of black garlic (Allium sativum L.). *Molecules*, 27(20), 6992.

Çelik, ÖF. & Tunçil, YE. (2020). Antioxidant activity, total phenolic and saponin contents of quinoa seeds having different hull colors as affected by washing process. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 13(1), 11-24.

Demirok, E., Kiralan, M. & Carbonell-Barrachina, ÁA. (2013). Determination and classification of volatile compounds of pastirma using solid phase microextraction/gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3(2), 105-109.

Deniz, E., Mora, L., Aristoy, MC., Candoğan, K. & Toldrá, F. (2016). Free amino acids and bioactive peptides profile of Pastırma during its processing. *Food Research International*, 89, 194-201.

Dhull, SB., Kaur, M. & Sandhu, KS. (2020). Antioxidant characterization and *in vitro* DNA damage protection potential of some Indian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) cultivars: effect of solvents. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3457-3466.

Dhull, SB., Chandak, A., Bamal, P., Malik, A. & Kidwai, M. (2021). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*): Nutritional, health properties and food uses. Fenugreek: Biology and Applications. Editörler: Naeem, M., Aftab, T., Khan, MMA. Singapore: Springer, 219-246.

Doğruer, Y. (1992). Farklı tuzlama süreleri ve baskılama ağırlıklarının pastırma kalitesine etkileri üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya.

Doğruer, Y., Nizamlıoğlu, M., Gürbüz, Ü. & Kayaardı, S. (1998). Çeşitli çemen karışımlarının pastırma kalitesine etkisi II: Mikrobiyolojik nitelikler. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 22, 221-229.

Domínguez, R., Purriños, L., Pérez-Santaescolástica, C., Pateiro, M., Barba, FJ., Tomasevic, I. ... & Lorenzo, JM. (2019). Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. *Food Analytical Methods*, 12, 1263-1284.

Dryahina, K., Smith, D. & Španěl, P. (2018). Quantification of volatile compounds released by roasted coffee by selected ion flow tube mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 32(9), 739-750.

Dryahina, K., Som, S., Smith, D. & Španěl, P. (2020). Characterization of spoilage-related volatile organic compounds in packaged leaf salads. *Flavour and Fragrance Journal*, 35(1), 24-33.

Dursun Capar, T., Inanir, C., Cimen, F., Ekici, L. & Yalcin, H. (2022). Black garlic fermentation with green tea extract reduced HMF and improved bioactive properties: Optimization study with response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16, 1340–1353.

Ekici, L., Ozturk, I., Karaman, S., Caliskan, O., Tornuk, F., Sagdic, O. & Yetim, H. (2015). Effects of black carrot concentrate on some physicochemical, textural, bioactive, aroma and sensory properties of sucuk, a traditional Turkish dry-fermented sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 718-726.

Ekmekçi, M. (2012). Tuzu azaltılmış pastırma üretiminde potasyum klorür ve kalsiyum klorür kullanımının bazı kalite özellikleri üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

El Nasri, NA. & El Tinay, AH. (2007). Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*) protein concentrate. *Food Chemistry*, 103(2), 582-589.

El-Saber Batiha, G., Magdy Beshbishy, A., G. Wasef, L., Elewa, YH., A. Al-Sagan, A., Abd El-Hack, ME. ... & Prasad Devkota, H. (2020). Chemical constituents

and pharmacological activities of garlic (Allium sativum L.): A review. *Nutrients*, 12(3), 872.

Erdemir, E. (2017). Pastırma üretiminde potasyum laktat kullanımının protein oksidasyonu, serbest amino asit ve diğer bazı kalitatif özellikler üzerine etkisi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.

Erdemir, E. (2022). Free amino acids profile and quality properties of Turkish pastırma cured with potassium lactate and sodium chloride combinations. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2), e16263.

Erdemir, E. (2023). Ağrı ve Erzurum illerinde satılan buy otu tohumu unlarının bazı özelliklerinin araştırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 352-361.

Escribano, J., Cabanes, J., Jiménez-Atiénzar, M., Ibañez-Tremolada, M., Gómez-Pando, L. R., García-Carmona, F., & Gandía-Herrero, F. (2017). Characterization of betalains, saponins and antioxidant power in differently colored quinoa (Chenopodium quinoa) varieties. *Food Chemistry*, *234*, 285-294.

Escuredo, O., Martín, MIG., Moncada, GW., Fischer, S., Hierro, JMH. (2014). Amino acid profile of the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using near infrared spectroscopy and chemometric techniques. *Journal of Cereal Science*, 60(1), 67-74.

Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89(3), 259-279.

Estévez, M., Padilla, P., Carvalho, L., Martín, L., Carrapiso, A. & Delgado, J. (2019). Malondialdehyde interferes with the formation and detection of primary carbonyls in oxidized proteins. *Redox Biology*, 26, 101277.

Fæste, CK., Namork, E., & Lindvik, H. (2009). Allergenicity and antigenicity of fenugreek (Trigonella foenum-graecum) proteins in foods. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 123(1), 187-194.

Fernández-López, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Sayas-Barberá, E., Ballester-Sánchez, J., Haros, CM. ... & Pérez-Álvarez, JA. (2020). Chemical and technological properties of bologna-type sausages with added black quinoa wet-milling coproducts as binder replacer. *Food Chemistry*, 310, 125936.

Fernández-López, J., Viuda-Martos, M. & Pérez-Alvarez, JA. (2021). Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: Technological strategies for their application and effects on the final product. *Current Opinion in Food Science*, 40, 26-32.

Fialová, J., Roberts, SC. & Havlíček, J. (2016). Consumption of garlic positively affects hedonic perception of axillary body odour. *Appetite*, *97*, 8-15.

Filho, AMM., Pirozi, MR., Borges, JTDS, Pinheiro Sant'Ana, HM., Chaves, JBP. & Coimbra, JSDR. (2017). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1618-1630.

Gallego, M., Mora, L., Hayes, M., Reig, M. & Toldrá, F. (2017). Effect of cooking and in vitro digestion on the antioxidant activity of dry-cured ham by-products. *Food Research International*, 97, 296-306.

Gimeno, O., Astiasarán, I. & Bello, J. (2001). Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: effect on colour, texture and hygienic quality at different concentrations. *Meat Science*, 57(1), 23-29.

Gök, V., Obuz, E. & Akkaya, L. (2008). Effects of packaging method and storage time on the chemical, microbiological, and sensory properties of Turkish pastirma–A dry cured beef product. *Meat Science*, 80(2), 335-344.

Gökalp, HY., Kaya, M., Tülek, Y. & Zorba, O. (2010). Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu. (4. Baskı) Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 751.

Graf, BL., Rojas-Silva, P., Rojo, LE., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, ME. & Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(4), 431-445.

Guo, X., Lu, S., Wang, Y., Dong, J., Ji, H. & Wang, Q. (2019). Correlations among flavor compounds, lipid oxidation indices, and endogenous enzyme activity during the processing of Xinjiang dry-cured mutton ham. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(11), e14199.

Gür Yağlı, H. & Ertaş, AH. (1998). Pastırmanın bazı kalite özelliklerine sodyum askorbatın etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 515-520.

Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Huang, F. ... & Liu, L. (2019). Characterization of saponins and phenolic compounds: antioxidant activity and inhibitory effects on α-glucosidase in different varieties of colored quinoa (Chenopodium quinoa Willd). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 83(11), 2128-2139.

Hansanugrum, A. & Barringer, SA. (2010). Effect of milk on the deodorization of malodorous breath after garlic ingestion. *Journal of Food Science*, 75(6), C549-C558.

Havlíček, J., Fialová, J. & Roberts, SC. (2017). Individual variation in body odor. In A. Buettner (Ed.), *Springer Handbook of Odor* (pp. 125–126). Springer Verlag.

Hayes, JE., Canonico, I., & Allen, P. (2013). Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll. *Meat Science*, 95(3), 755-762.

Hilles, AR. & Mahmood, S. (2021). Therapeutic uses and applications of fenugreek. Fenugreek: Biology and Applications. Editörler: Naeem, M., Aftab, T., Khan, M. M. A. Singapore: Springer, 503-522.

Hornsey, HC. (1956). The colour of cooked cured pork. I.—Estimation of the Nitric oxide-Haem Pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7(8), 534-540.

Hue, CT., Tan, LQ., Van Hung, H., Le, QTN., Nguyen, TH., Huong, NTL., ... & Trinh, DK. (2022). Assessment of the physicochemical properties and biological activity of Vietnamese single-bulb black garlic. *Food Bioscience*, 49, 101866.

Inoue, Y., Kato, S., Saikusa, M., Suzuki, C., Otsubo, Y., Tanaka, Y., ... & Hayase, F. (2016). Analysis of the cooked aroma and odorants that contribute to umami aftertaste of soy miso (Japanese soybean paste). *Food Chemistry*, 213, 521-528.

Javed, M., & Ahmed, W. (2022). Black garlic: A review of its biological significance. *Journal of Food Biochemistry*, 46(12), e14394.

Jin, S. K., Kim, IS., Jeong, JY., Kang, SN. & Yang, HS. (2010). Quality characteristics of low-salt and-fat meatball added black garlic (Allium sativum L.) during cold storage. *Food Science of Animal Resources*, 30(6), 1031-1037.

Juániz, I., Ludwig, IA., Bresciani, L., Dall'Asta, M., Mena, P., Del Rio, D., ... de Pena, MP. (2017). Bioaccessibility of (poly) phenolic compounds of raw and cooked cardoon (Cynara cardunculus L.) after simulated gastrointestinal digestion and fermentation by human colonic microbiota. *Journal of Functional Foods*, 32, 195-207.

Jung, IC. & Sohn, HY. (2014). "Antioxidation, antimicrobial and antithrombosis activities of aged black garlic (*Allium sativum* L.). *Microbiology and Biotechnology Letters*, 42(3), 285-292

Kang, OJ. (2016). Physicochemical characteristics of black garlic after different thermal processing steps. *Preventive Nutrition and Food Science*, 21(4), 348.

Karahalil, E. (2020). Principles of halal-compliant fermentations: Microbial alternatives for the halal food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 1-9.

Karpińska-Tymoszczyk, M. & Draszanowska, A. (2019). The effect of natural and synthetic antioxidants and packaging type on the quality of cooked poultry products during frozen storage. *Food Science and Technology International*, 25(5), 429-439.

Kasaye, AT. & Jha, YK. (2015). Evaluation of composite blends of fermented fenugreek and wheat flour to assess its suitability for bread and biscuit. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(1), 29-35.

Kilic-Buyukkurt, O., Kelebek, H., Bordiga, M., Keskin, M. & Selli, S. (2023). Changes in the aroma and key odorants from white garlic to black garlic using approaches of molecular sensory science: A review. *Heliyon*, 9(8), e19056.

Kim, JH., Nam, SH., Rico, CW. & Kang, MY. (2012). A comparative study on the antioxidative and anti-allergic activities of fresh and aged black garlic extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(6), 1176-1182.

Kim, JS., Kang, OJ. & Gweon, OC. (2013a). Changes in the content of fat-and water-soluble vitamins in black garlic at the different thermal processing steps. *Food Science and Biotechnology*, 22(1), 283-287.

Kim, JS., Kang, OJ. & Gweon, OC. (2013b). Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 80-86.

Kim, JH., Jang, HJ. & Lee, CH. (2019). Effect of aged garlic powder on physicochemical characteristics, texture profiles, and oxidative stability of ready-to-eat pork patties. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(7), 1027.

Kocaman, EM. (2021). A research on consumption of Tokat fenugreek paste. *V. International Gastronomy Tourism Studies Congress*, 7-8 October, 35.

Korman, SH., Cohen, E. & Preminger, A. (2001). Pseudo-maple syrup urine disease due to maternal prenatal ingestion of fenugreek. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 37(4), 403-404.

Kissiedu, KO., K. Agbenorhevi, J. & Datsomor, DN. (2020). Optimization of sensory acceptability of milk chocolate containing okra pectin as emulsifier. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1310-1323.

Ktari, N., Feki, A., Trabelsi, I., Triki, M., Maalej, H., Slima, S. B. ... & Salah, RB. (2017). Structure, functional and antioxidant properties in Tunisian beef sausage of a novel polysaccharide from Trigonella foenum-graecum seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 169-181.

Lacorn, M., Weiss, T., Wehling, P., Arlinghaus, M., Scherf, K., Collaborators: Baumert J Brown H Crowe S Feldkamp H Gelroth J Godefroy S Grano D Hallgren M Hochegger R Koeberl M Koehler P Koerner T Lattanzio R Maune C Scherf K Sharma GM Sontag-Strohm T Tömösközi S Weber N. 2019. "Quantification of wheat, rye, and barley gluten in oat and oat products by ELISA RIDASCREEN® total gluten: Collaborative study, first action 2018.15". *Journal of AOAC International*, 102(5), 1535-1543.

Lamothe, LM., Srichuwong, S., Reuhs, BL. & Hamaker, BR. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry*, 167, 490-496.

Lee, SN., Kim, NS. & Lee, DS. (2003). Comparative study of extraction techniques for determination of garlic flavor components by gas chromatography–mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 377, 749-756.

Lee, HJ., Yoon, DK., Lee, NY. & Lee, CH. (2019). Effect of aged and fermented garlic extracts as natural antioxidants on lipid oxidation in pork patties. *Food Science of Animal Resources*, 39(4), 610.

Lee, CH., Chen, YT., Hsieh, HJ., Chen, KT., Chen, YA., Wu, JT., ... & Hsieh, CW. (2020). Exploring epigallocatechin gallate impregnation to inhibit 5-hydroxymethylfurfural formation and the effect on antioxidant ability of black garlic. *LWT-Food Science and Technology*, 117, 108628.

Lemon, DW. (1975). An Improved TBA Test for Rancidity New Series Circular. No:51.Halifax-Laboratory, Halifax, Nova Scotia.

Li, L., Lietz, G. & Seal, CJ. (2021). Phenolic, apparent antioxidant and nutritional composition of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) seeds. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(7), 3245-3254.

Lishianawati, TU., & Yusiati, LM. (2021). Antioxidant effects of black garlic powder on spent duck meat nugget quality during storage. *Food Science and Technology*, 42, e62220.

Liu, J., Zhang, G., Cong, X. & Wen, C. (2018). Black garlic improves heart function in patients with coronary heart disease by improving circulating antioxidant levels. *Frontiers in Physiology*, 9, 1435.

Liu, J., Wang, Z., Wang, Z., Hao, Y., Wang, YU., Yang, Z. ... & Wang, J. (2020). Physicochemical and functional properties of soluble dietary fiber from different colored quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Cereal Science*, 95, 103045.

Lohvina, H., Sándor, M. & Wink, M. (2021). Effect of ethanol solvents on total phenolic content and antioxidant properties of seed extracts of fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.) varieties and determination of phenolic Composition by HPLC-ESI-MS. *Diversity*, 14(1), 7.

Lorenzo, JM., Franco, D. & Carballo, J. (2014). Effect of the inclusion of chestnut in the finishing diet on volatile compounds during the manufacture of dry-cured "Lacón" from Celta pig breed. *Meat Science*, 96(1), 211-223.

Lorenzo, JM. & Carballo, J. (2015). Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Science*, 99, 44-51.

Mabrouki, S., Omri, B., Abdouli, H. & Tayachi, L. (2015). Chemical, functional and nutritional characteristics of raw, autoclaved and germinated fenugreek seeds. *Journal of New Sciences*, 16, 541-551.

Macavilca, EA. & Condezo-Hoyos, L. (2020). Assessment of total antioxidant capacity of altiplano colored quinoa (Chenopodium quinoa willd) by visible and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy and chemometrics. *LWT-Food Science and Technology*, 134, 110182.

Majchrzak, T., Wojnowski, W. & Wasik, A. (2021). Revealing dynamic changes of the volatile profile of food samples using PTR–MS. *Food Chemistry*, 364, 130404.

Maky, MA., Abd-ElRasoul, MA. & Salah, M. (2020). Evaluation of some food additives and heavy metals in Egyptian meat products. *International Journal of One Health*, 6(1), 61-68.

Man, SM., Păucean, A., Călian, ID., Mureșan, V., Chiș, MS., Pop, A. ... & Muste, S. (2019). Influence of fenugreek flour (Trigonella foenum-graecum L.) addition on the technofunctional properties of dark wheat flour. *Journal of Food Quality*, 2019.

Mansour, EH. & El-Adawy, TA. (1994). Nutritional potential and functional properties of heat-treated and germinated fenugreek seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 27(6), 568-572.

Maqsood, S., Benjakul, S., & Balange, A. K. (2012). Effect of tannic acid and kiam wood extract on lipid oxidation and textural properties of fish emulsion sausages during refrigerated storage. *Food Chemistry*, *130*(2), 408-416.

Marušić, N., Petrović, M., Vidaček, S., Petrak, T. & Medić, H. (2011). Characterization of traditional Istrian dry-cured ham by means of physical and chemical analyses and volatile compounds. *Meat Science*, 88(4), 786-790.

Mebazaa, R., Mahmoudi, A., Fouchet, M., Dos Santos, M., Kamissoko, F., Nafti, A. ... & Camel, V. (2009). Characterization of volatile compounds in Tunisian fenugreek seeds. *Food Chemistry*, 115, 1326–1336.

Mebazaa, R., Rega, B. & Camel, V. (2011). Analysis of human male armpit sweat after fenugreek ingestion: characterisation of odour active compounds by gas chromatography coupled to mass spectrometry and olfactometry. *Food Chemistry*, 128(1), 227-235.

Meghwal, M. & Goswami, TK. (2012). A review on the functional properties, nutritional content, medicinal utilization and potential application of fenugreek. *Journal of Food Processing and Technology*, 3, 1–10.

Min, JH., Jeong, JH., Lee, SJ., Lee, JS., Han, JW., Lee, HD. & Jeong, TG. (2022). Quality characteristics of milk jam with black garlic extract. *Korean Journal of Food Preservation*, 29(1), 97-104.

Miranda, M., Delatorre-Herrera, J., Vega-Gálvez, A., Jorquera, E., Quispe-Fuentes, I. & Martínez, EA. (2014). Antimicrobial potential and phytochemical content of six diverse sources of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Agricultural Sciences*, 5(11), 1015.

Mirondo, R. & Barringer, S. (2016). Deodorization of garlic breath by foods, and the role of polyphenol oxidase and phenolic compounds. *Journal of Food Science*, 81(10), C2425-C2430.

Molina-Calle, M., Priego-Capote, F. & de Castro, MDL. (2017). Headspace− GC–MS volatile profile of black garlic vs fresh garlic: Evolution along fermentation and behavior under heating. *LWT-Food Science and Technology*, *80*, 98-105.

Morbidoni, L., Arterburn, JM., Young, V., Mullins, D., Mulrow, C. & Lawrence, V. (2001). "Garlic: Its history and adverse effects". *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 1(1), 63-83.

Montemurro, M., Pontonio, E. & Rizzello, CG. 2019. "Quinoa flour as an ingredient to enhance the nutritional and functional features of cereal-based foods. Flour and breads and their fortification in health and disease prevention. Editörler: Preedy, V. R., Watson, R. Londra: Academic Press, 453-464.

Munch, R. & Barringer, SA. (2014). Deodorization of garlic breath volatiles by food and food components. *Journal of Food Science*, 79(4), C526-C533.

Müller-Maatsch, J. & Gras, C. (2016). The "carmine problem" and potential alternatives. In R. Carle & R. M. Schweiggert (Eds.), *Handbook on natural pigments in food and beverages* (pp. 385–428), Woodhead Publishing.

Myers, RH., Montgomery, DC., & Anderson-Cook, CM. (2016). *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*. John Wiley & Sons.

Naidu, MM., Shyamala, BN., Naik, JP., Sulochanamma, G. & Srinivas, P. (2011). Chemical composition and antioxidant activity of the husk and endosperm of fenugreek seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 44(2), 451-456.

Najman, K., Sadowska, A. & Hallmann, E. (2021). Evaluation of bioactive and physicochemical properties of white and black garlic (Allium sativum L.) from conventional and organic cultivation. *Applied Sciences*, 11(2), 874.

Najman, K., Król, K. & Sadowska, A. (2022). The physicochemical properties, volatile compounds and taste profile of black garlic (Allium sativum L.) cloves, paste and powder. *Applied Sciences*, 12(9), 4215.

Nascimento, AC., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, AS. ... Castanheira, I. (2014). Characterization of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, 148, 420-426.

Negishi, O., Negishi, Y. & Ozawa, T. (2002). Effects of food materials on removal of Allium-specific volatile sulfur compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(13), 3856-3861.

Negishi, O., Negishi, Y., Yamaguchi, F. & Sugahara, T. (2004). Deodorization with ku-ding-cha containing a large amount of caffeoyl quinic acid derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(17), 5513-5518.

Niknam, R., Kiani, H., Mousavi, ZE. & Mousavi, M. (2021). Extraction, detection, and characterization of various chemical components of *Trigonella foenum-graecum* L. (Fenugreek) known as a valuable seed in agriculture. Fenugreek: Biology and Applications. Editörler: Naeem, M., Aftab, T., Khan, M. M. A. Singapore: Springer, 189-217..

Nikolić, I., Dokić, L., Krstonošić, V., Šereš, Z. & Šoronja–Simović, D. (2014). Possibility of the production of functional low-fat food spread of hull-less pumpkin seed flour from rheological and textural aspect. *Journal of Texture Studies*, 45(4), 324-333.

Nowak, V., Du, J. & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Food Chemistry*, 193, 47-54.

Ouzir, M., El Bairi, K. & Amzazi, S. (2016). Toxicological properties of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*). *Food and Chemical Toxicology*, 96, 145-154.

Omri, B., Chalghoumi, R. & Abdouli, H. (2017). Effect of dietary addition of unprocessed, autoclaved, or pre-germinated fenugreek seeds on laying hens' performance and egg quality. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 30(2), 147-158.

Ozaki, MM., Munekata, PE., de Souza Lopes, A., do Nascimento, MDS., Pateiro, M., Lorenzo, JM. & Pollonio, MAR. (2020). Using chitosan and radish powder to improve stability of fermented cooked sausages. *Meat Science*, 167, 108165.

Ozaki, MM., Munekata, PE., Jacinto-Valderrama, RA., Efraim, P., Pateiro, M., Lorenzo, JM. & Pollonio, MAR. (2021). Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. *Meat Science*, 171, 108275.

Özcan Sinir, G. & Barringer, SA. (2021). Deodorization of garlic odor by fresh and dried herbs using SIFT-MS. *Gıda*, 46(2), 358-366.

Özcan Sinir, G. & Barringer, SA. (2020). Variety differences in garlic volatile sulfur compounds, by application of selected ion flow tube mass spectrometry (SIFT-MS) with chemometrics. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(4), 408-416.

Öztan, A. (1999). Et Bilimi ve Teknolojisi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Yayınları No: 19, 342s, Ankara.

Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J. A. & Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38-46.

Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V. & Ferreira, IC. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110-114.

Pereira, E., Cadavez, V., Barros, L., Encina-Zelada, C., Stojković, D., Sokovic, M. ... & Ferreira, I. C. (2020). Chenopodium quinoa Willd. (quinoa) grains: A good source of phenolic compounds. *Food Research International*, 137, 109574.

Predescu, C., Papuc, C., Ştefan, G. & Goran, G. (2018). The effect of hawthorn berry phenolics and parsley roots fermented juice on frankfurters' shelf-life. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*, 75(2), 149-155.

Qiu, Z., Lu, X., Li, N., Zhang, M. & Qiao, X. (2018b). Characterization of garlic endophytes isolated from the black garlic processing. *Microbiology Open*, 7(1), e00547.

Qiu, Z., Zheng, Z., Zhang, B., Sun-Waterhouse, D. & Qiao, X. (2020). Formation, nutritional value, and enhancement of characteristic components in black garlic: A review for maximizing the goodness to humans. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(2), 801-834.

Quan, NXH., Nga, VT., Nhi, DNK., Duong, NTT., Vinh, HN., Phung, NKP., & Thu, NTH. (2020). Physicochemical character of fresh and black garlic: 12-day thermal aged process. *Vietnam Journal of Chemistry*, 58(4), 500-505.

Ramos-Pacheco, BS., Choque-Quispe, D., Ligarda-Samanez, CA., Solano-Reynoso, AM., Palomino-Rincón, H., Choque-Quispe, Y. ... & Aiquipa-Pillaca, ÁS. (2024). Effect of Germination on the Physicochemical Properties, Functional Groups, Content of Bioactive Compounds, and Antioxidant Capacity of

Different Varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in the High Andean Zone of Peru. *Foods*, 13(3), 417.

Ranhotra, GS., Gelroth, JA., Glaser, BK., Lorenz, KJ. & Johnson, DL. (1993). Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chemistry*, 70, 303-303.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

Ren, WW., Bekhit, AED.A., Li, F., Yang, HY., Jiang, XF., Zhang, W. & Kong, LM. (2015). Physicochemical properties of pastirma from horse meat, beef, mutton and pork. *Journal of Food Quality*, 38(5), 369-376.

Ren, G., Teng, C., Fan, X., Guo, S., Zhao, G., Zhang, L. ... & Qin, P. (2023). Nutrient composition, functional activity and industrial applications of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Food Chemistry*, 410, 135290.

Ríos-Ríos, KL., Montilla, A., Olano, A. & Villamiel, M. (2019). Physicochemical changes and sensorial properties during black garlic elaboration: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 459–467.

Ríos-Ríos, KL., Gaytán-Martínez, M., Rivera-Pastrana, DM., Morales-Sánchez, E., Villamiel, M., Montilla, A. ... & Vázquez-Barrios, ME. (2021). Ohmic heating pretreatment accelerates black garlic processing. *LWT-Food Science and Technology*, 151, 112218.

Rizzi, GP. (1995). Formation of sulfur-containing flavor compounds from allylic alcohol precursors. In *Developments in Food Science*, 37, 289-302.

Rocchetti, G., Lucini, L., Rodriguez, JML., Barba, FJ. & Giuberti, G. (2019). Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties. *Food Chemistry*, 271, 157-164.

Rodríguez Gómez, MJ., Prieto, JM., Sobrado, VC. & Magro, PC. (2021). Nutritional characterization of six quinoa (Chenopodium quinoa Willd) varieties cultivated in Southern Europe. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99, 103876.

Rosario, DK., Furtado, MR., Mutz, YS., Rodrigues, BL., Bernardo, YA., Baltar, JD. ... & Conte-Junior, CA. (2020). A Chemometric approach to establish underlying connections between lipid and protein oxidation and instrumental color and texture characteristics in Brazilian dry-cured loin. *Foods*, 9(4), 536.

Ruales, J. & Nair, BM. (1992). Nutritional quality of the protein in quinoa (Chenopodium quinoa, Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 42, 1-11.

Rysman, T., Van Hecke, T., De Smet, S., & Van Royen, G. (2016). Ascorbate and apple phenolics affect protein oxidation in emulsion-type sausages during storage and in vitro digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(20), 4131-4138.

Sakhare, SD., Inamdar, AA. & Prabhasankar, P. (2020). Functional properties of roller mill processed fenugreek fractions. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 3103-3111.

Sasaki, JI., Lu, C., Machiya, E., Tanahashi, M. & Hamada, K. (2007). Processed black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance anti-tumor potency against mouse tumors. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 1(2), 278-281.

Saxena, SN., Kakani, RK., Sharma, LK., Agarwal, D., John, S. & Sharma, Y. (2017). Genetic variation in seed quality and fatty acid composition of fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.) genotypes grown under limited moisture conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39, 1-10.

Sayın, EO. (2018). Farklı oranlarda toz kırmızıbiber (*Capsicum annuum* L.) içeren kürleme karışımlarının pastırmanın kalitatif özellikleri ve raf ömrü üzerine etkileri. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.

Schoenlechner, R., Siebenhandl, S. & Berghofer, E. (2008). Pseudocereals. In *Gluten-free cereal products and beverages* (pp. 149-VI). Academic Press.

Sekhavatizadeh, SS., Mirzaee, N., Golmakani, MT. & Hosseinzadeh, S. (2022). Physicochemical and sensory characteristics of Kashk as influenced by quinoa flour addition. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(5), e3438-e3438.

Setiyoningrum, F., Priadi, G., Afiati, F., Herlina, N. & Solikhin, A. (2021). Composition of spontaneous black garlic fermentation in a water bath. *Food Science and Technology*, 41, 557-562.

Sha, K., Lang, YM., Sun, BZ., Su, HW., Li, HP., Zhang, LI. ... & Zhang, Y. (2017). Changes in lipid oxidation, fatty acid profile and volatile compounds of traditional kazakh dry-cured beef during processing and storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13059.

Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, HM., & Chin, NL. (2013). Development of pistachio (*Pistacia vera* L.) spread. *Journal of Food Science*, 78(3), S484-S489.

Sharma, S., Shankar, TP. & Koirala, B. (2011). Halitosis: a serious social problem. *Health Renaissance*, 9(2), 106-111.

Sharma, S., Kataria, A. & Singh, B. (2022). Effect of thermal processing on the bioactive compounds, antioxidative, antinutritional and functional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *LWT*, 160, 113256.

Shin, J. H., Kim, GM., Kang, MJ., Yang, SM. & Sung, NJ. (2010). Preparation and quality characteristics of yogurt with black garlic extracts. *Korean journal of food and Cookery Science*, 26(3), 307-313.

Shin, JH., Kang, MJ., Kim, RJ. & Sung, NJ. (2011). The quality characteristics of sausage with added black garlic extracts. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 27(6), 701-711.

Singh, KP., Nair, B., Chand, P. & Naidu, AK. (2013). Contribution of fenugreek (Trigonella foenum graecum L.) seeds towards the nutritional characterization. *Journal of Medicinal Plant Research*, 7(41), 3052-3058.

Singleton, VL., Orthofer, R. & Lamuela-Raventós, RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.

Sirwani, PM., Dabhi, MN. & Rathod, PJ. (2022). Effect of low temperature grinding on phytochemicals profile of fenugreek seed powder. *Journal of Spices & Aromatic Crops*, 31(2), 177-186.

Smith, D. & Španěl, P. (2011). Ambient analysis of trace compounds in gaseous media by SIFT-MS. *Analyst*, 136(10), 2009-2032.

Smith, D. & Španěl, P. (2015). SIFT-MS and FA-MS methods for ambient gas phase analysis: developments and applications in the UK. *Analyst*, 140(8), 2573-2591.

Soladoye, OP., Juárez, ML., Aalhus, JL., Shand, P. & Estévez, M. (2015). Protein oxidation in processed meat: Mechanisms and potential implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(2), 106-122.

Stevinson, C., Pittler, MH. & Ernst, E. (2000). Garlic for treating hypercholesterolemia: A meta-analysis of randomized clinical trials. *Annals of Internal Medicine*, 133(6), 420-429.

Şaşmaz, HK., Sevindik, O., Kadiroglu, P., Adal, E., Erkin, ÖC., Selli, S. & Kelebek, H. (2022). Comparative assessment of quality parameters and bioactive compounds of white and black garlic. *European Food Research and Technology*, 248(9), 2393-2407.

Şaşmaz, HK., Kadiroglu, P., Adal, E., Sevindik, O., Aksay, O., Erkin, OC., ... & Kelebek, H. (2023). Optimization of black garlic production parameters using response surface methodology: Assessment and characterization of bioactive properties. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 34, 100477.

Tafadzwa, MJ., Zvamaziva, JT., Charles, M., Amiel, M., Pepukai, M. & Shepherd, M. (2021). Proximate, physico-chemical, functional and sensory properties of quinoa and amaranth flour as potential binders in beef sausages. *Food Chemistry*, 365, 130619.

Tahir, Z., Saeed, F., Nosheen, F., Ahmed, A. & Anjum, FM. (2022). Comparative study of nutritional properties and antioxidant activity of raw and fermented (black) garlic. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 116-127.

Tan, M. & Temel, S. (2019). Her yönüyle kinoa. Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği. Ankara: İksad Yayınevi, 177 s.

Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, PX., Liu, R. & Tsao, R. (2015a). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. Genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380-388.

Tang, Y., Li, X., Chen, P. X., Zhang, B., Hernandez, M., Zhang, H., ... Tsao, R. (2015b). Characterisation of fatty acid, carotenoid, tocopherol/tocotrienol compositions and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. Genotypes. *Food Chemistry*, 174, 502-508.

Tekinşen, OC., Doğruer, Y., Nizamlioğlu, M. & Gürbüz, Ü. (1999). Sorbik asitin çemende kullanılabilme imkanları ve pastırmanın mikrobiyel kalitesine etkisi. *Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi*, 23(2), 227-235.

Tekinşen, OC. & Doğruer, Y. (2000). Her Yönüyle Pastırma. Konya: Selçuk Üniversitesi Basımevi, 124 s.

Toledano-Medina, MA., Pérez-Aparicio, J., Moreno-Rojas, R. & Merinas-Amo, T. (2016). Evolution of some physicochemical and antioxidant properties of black garlic whole bulbs and peeled cloves. *Food Chemistry*, 199, 135-139.

Toledano Medina, MÁ., Merinas-Amo, T., Fernández-Bedmar, Z., Font, R., del Río-Celestino, M., Pérez-Aparicio, J. ... & Moreno-Rojas, R. (2019a). Physicochemical characterization and biological activities of black and white garlic: In vivo and in vitro assays. *Foods*, 8(6), 220.

Toledano Medina, MÁ., Pérez-Aparicio, J., Moreno-Ortega, A. & Moreno-Rojas, R. (2019b). Influence of variety and storage time of fresh garlic on the physicochemical and antioxidant properties of black garlic. *Foods*, 8(8), 314.

Turan, E. & Şimşek, A. (2022a). Black garlic as a substitute for fresh garlic to reduce off-flavor and enhance consumer acceptance and bioactive properties in cemen paste. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2), e16246.

Turan, E. & Şimşek, A. (2022b). Determination of physicochemical, antioxidant, textural and sensory features of pastırma cemen paste produced by using different concentrations of black garlic. *Gıda*, 47(6), 980-991.

Turan, E. & Şimşek, A. (2023). Black garlic: Production, Properties and Food Applications. Publisher: September, IKSAD Publications, Ankara, Türkiye, pp. 123-159 (978-625-367-281-2).

Turan, E., Şimşek, A. & Aksu, MI. (2023). Pastırma üretiminde kullanılan çemen (buy otu tohumu) unlarının kimyasal, fizikokimyasal, biyoaktif ve fonksiyonel özelliklerinin karşılaştırılması. *Ege 10th International Conference on Applied Sciences*, 22-24 Aralık, İzmir.

Tylewicz, U., Inchingolo, R. & Rodriguez-Estrada, MT. (2017). Food aroma compounds. In C. M. Galanakis (Ed.), *Nutraceutical and functional food components: Effects of innovative processing techniques* (pp. 295–332). Elsevier-Academic Press.

Uğuz, Ş., Soyer, A. & Dalmış, Ü. (2011). Effects of different salt contents on some quality characteristics during processing of dry-cured Turkish pastirma. *Journal of Food Quality*, 34(3), 204-211.

Wani, SA. & Kumar, P. (2016). Fenugreek enriched extruded product: optimization of ingredients using response surface methodology. *International Food Research Journal*, 23(1), 18.

Wani, SA. & Kumar, P. (2018). Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(2), 97-106.

Wang, D., Feng, Y., Liu, J., Yan, J., Wang, M., Sasaki, JI. & Lu, C. (2010). Black garlic (*Allium sativum*) extracts enhance the immune system. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 4(1), 37-40.

Wang, SJ., Lee, JH. & Lee, SK. (2013). Effect of black garlic extracts on quality characteristics of white pan bread. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 42(8), 1283-1289.

Xhaferaj, M., Alves, TO., Ferreira, MS. & Scherf, KA. (2020). Recent progress in analytical method development to ensure the safety of gluten-free foods for celiac disease patients. *Journal of Cereal Science*, 96, 103114.

Yang, SM., Shin, JH., Kang, MJ., Kim, SH. & Sung, NJ. (2010). Quality characteristics of bread with added black garlic extract. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 26(5), 503-510.

Yang, SM., Shin, JH., Kang, M. & Sung, NJ. (2011). Quality characteristics of pork ham containing different amounts of black garlic extracts. *Korean Journal of Food Preservation*, 18(3), 349-357.

Yang, P., Song, H., Wang, L. & Jing, H. (2019). Characterization of key aroma-active compounds in black garlic by sensory-directed flavor analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(28), 7926-7934.

Yang, W., Huang, J., Zhu, Z., Lei, Y., Zhou, X. & Huang, M. (2022). Changes in nitrosohemachrome lead to the discoloration of spiced beef during storage. *Food Chemistry*, 394, 133449.

Yetim, H., Ekici, L., Ozcan, C., Ozturk, I., Tornuk, F. & Karaman, S. (2017). Effects of some food juices and additives on some physicochemical, textural, color, microbiological and sensory properties of cemen paste. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(3), e12950.

Yun, HM., Ban, JO., Park, KR., Lee, CK., Jeong, HS., Han, SB. & Hong, JT. (2014). Potential therapeutic effects of functionally active compounds isolated from garlic. *Pharmacology & Therapeutics*, 142(2), 183-195.

Zandi, P., Basu, SK., Khatibani, LB., Balogun, MO., Aremu, MO., Sharma, M. ... & Tashi, S. (2015). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seed: A review of physiological and biochemical properties and their genetic improvement. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(1), 1714.

Zhang, Z., Lei, M., Liu, R., Gao, Y., Xu, M. & Zhang, M. (2015). Evaluation of alliin, saccharide contents and antioxidant activities of black garlic during thermal processing. *Journal of Food Biochemistry*, 39(1), 39-47.

Zhang, X., Li, N., Lu, X., Liu, P. & Qiao, X. (2016). Effects of temperature on the quality of black garlic. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(7), 2366-2372.

EKLER

EKLER

EK-1: Optimizasyon İçin Kullanılan Hedef Parametreleri

Optimizasyon-1						
Bileşen/Yanıt	**Hedef**	**Limit**	**Limit**	**Ağırlık**	**Ağırlık**	**Önem**
X_1:Buy otu tohumu unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_2:Beyaz kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_3:Kırmızı kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_4:Siyah kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
Kırmızılık (*a** değeri)	Maksimum değer	9.15	13.31	1	1	2
TFM (mg GAE/100 g)	Maksimum değer	74.57	80.06	1	1	1
ABTS-ARA (TEAC) (µg TE/100 mg)	Maksimum değer	104.22	134.55	1	1	1
Kesme işi (work of shear) (g.sn)	Hedef = 1000.00	593.967	1024.54	1	1	3
Duyusal beğeni düzeyi	Maksimum değer	5	7.6	1	1	4

Optimizasyon-2						
Bileşen/Yanıt	**Hedef**	**Limit**	**Limit**	**Ağırlık**	**Ağırlık**	**Önem**
X_1:Buy otu tohumu unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_2:Beyaz kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_3:Kırmızı kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_4:Siyah kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
Kırmızılık (*a** değeri)	Maksimum değer	8.73	11.22	1	1	2
TFM (mg GAE/100 g)	Maksimum değer	103.5	112.36	1	1	1
ABTS-ARA (TEAC) (µg TE/100 mg)	Maksimum değer	125.93	157.92	1	1	1
Kesme işi (work of shear) (g.sn)	Hedef = 1000.00	704.27	1374.63	1	1	3
Duyusal beğeni düzeyi	Maksimum değer	5	7.5	1	1	4

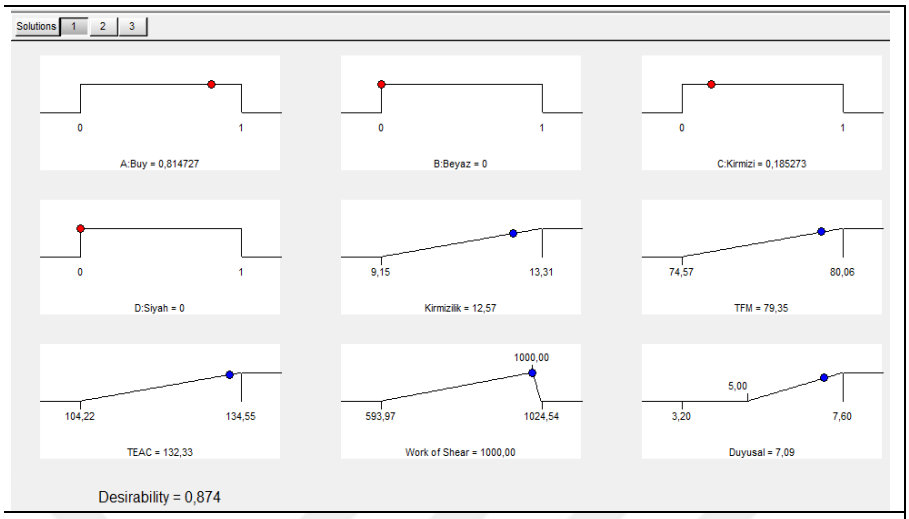
Optimizasyon-3						
Bileşen/Yanıt	**Hedef**	**Limit**	**Limit**	**Ağırlık**	**Ağırlık**	**Önem**
X_1:Buy otu tohumu unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_2:Beyaz kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_3:Kırmızı kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
X_4:Siyah kinoa unu	Aralık	0	1	1	1	3
Kırmızılık (*a** değeri)	Maksimum değer	8.12	10.61	1	1	2
TFM (mg GAE/100 g)	Maksimum değer	126.358	150.67	1	1	1
ABTS-ARA (TEAC) (µg TE/100 mg)	Maksimum değer	162.66	185.842	1	1	1
Kesme işi (work of shear) (g.sn)	Hedef = 1000.00	854.95	1844.69	1	1	3
Duyusal beğeni düzeyi	Maksimum değer	5	7.35	1	1	4

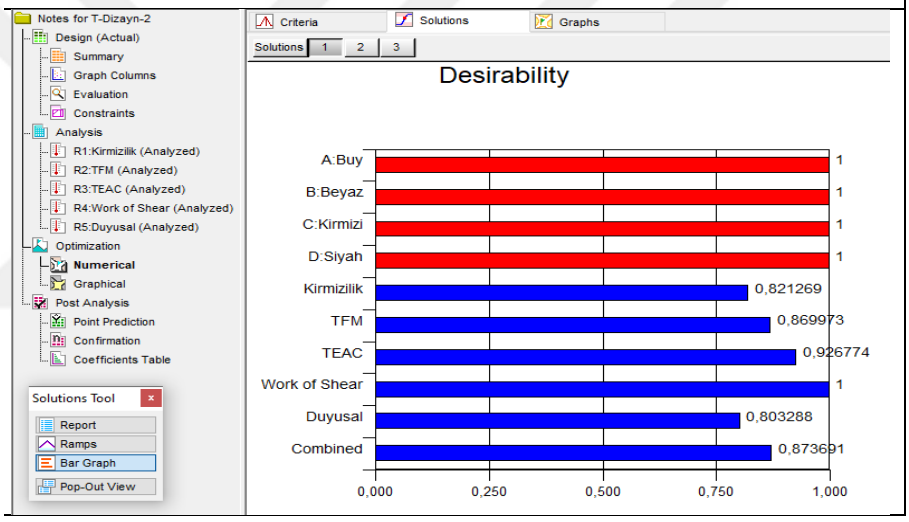
EK-2: Hedef Değerlere Göre Optimizasyon Sonucu Önerilen Çözümler ve İstenilirlik Değerleri

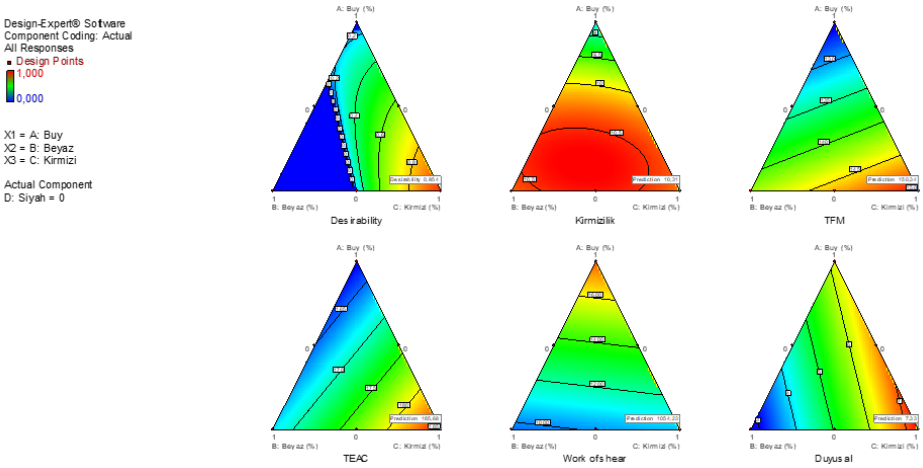
Çözümler										
	Karışımdaki bileşen oranı				Tahmini Yanıtlar					
Sıra	Ticari Çemen Unu	Beyaz Kinoa Unu	Kırmızı Kinoa Unu	Siyah Kinoa Unu	Kırmızılık (a*)	TFM	ABTS-ARA	Kesme işi*	Duyusal Beğeni	İstenilirlik
Optimizasyon-1										
1	**0.815**	**0.000**	**0.185**	**0.000**	**12.566**	**79.346**	**132.329**	**1000.002**	**7.089**	**0.874**
2	0.500	0.000	0.500	0.000	11.960	79.024	134.949	906.179	7.216	0.802
3	0.000	0.000	1.000	0.000	11.800	80.037	134.657	757.124	7.419	0.700
Optimizasyon-2										
1	**0.306**	**0**	**0.694**	**0**	**10.949**	**110.925**	**156.764**	**999.998**	**7.278**	**0.929**
2	0	0	1	0	10.836	112.932	158.419	867.721	7.639	0.825
3	0.5	0	0.5	0	10.957	109.653	155.715	1083.861	7.05	0.818
Optimizasyon-3										
1	**0**	**0**	**1**	**0**	**10.312**	**150.336**	**185.681**	**1054.234**	**7.328**	**0.954**
2	0.222	0	0	0.778	8.749	144.707	175.694	1183.633	6.123	0.515

*: Kesme işi [Work of Shear (g.sn)]; TFM: Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g); ABTS-ARA: ABTS antiradikal aktivite (µg TE/100 mg)

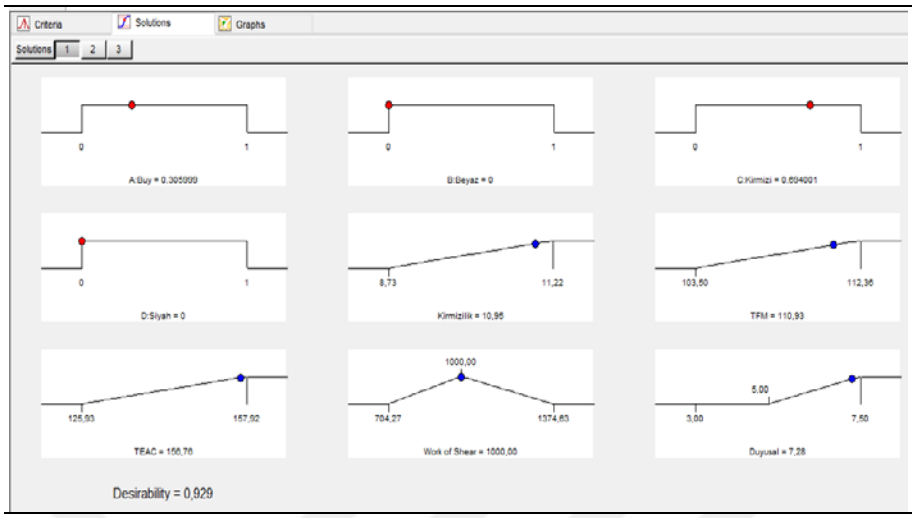
EK-3: Hedef Değerlere Göre Optimizasyon-1 Sonucu Belirlenen İstenirliği En Yüksek Çemen Formülasyonu İçin Veri Rampaları ve İstenilirlik Değerleri

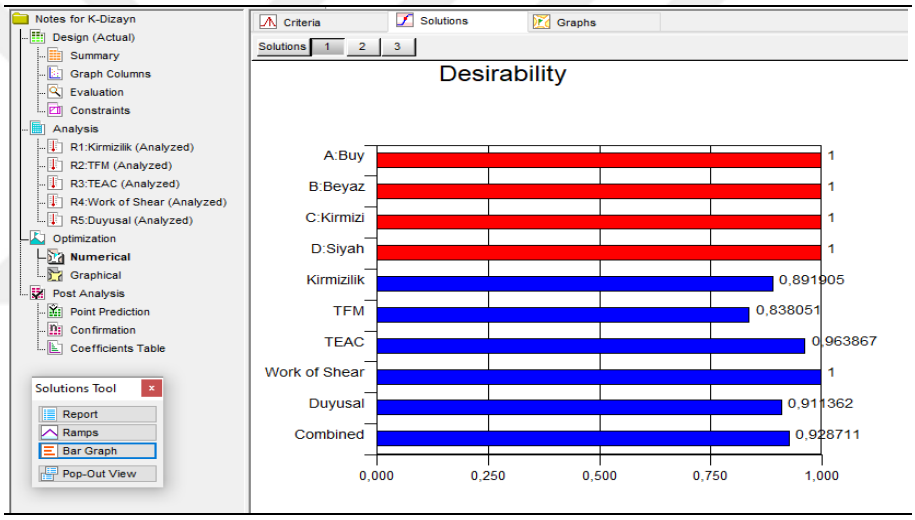


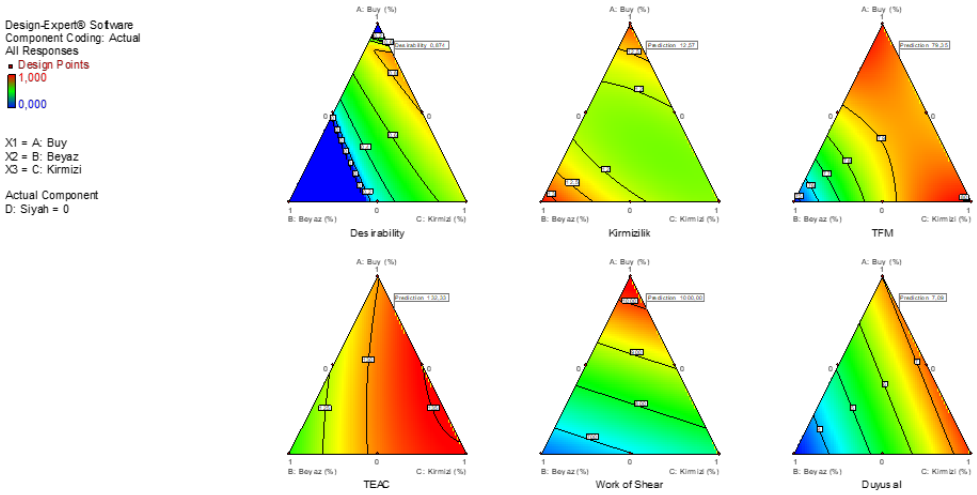




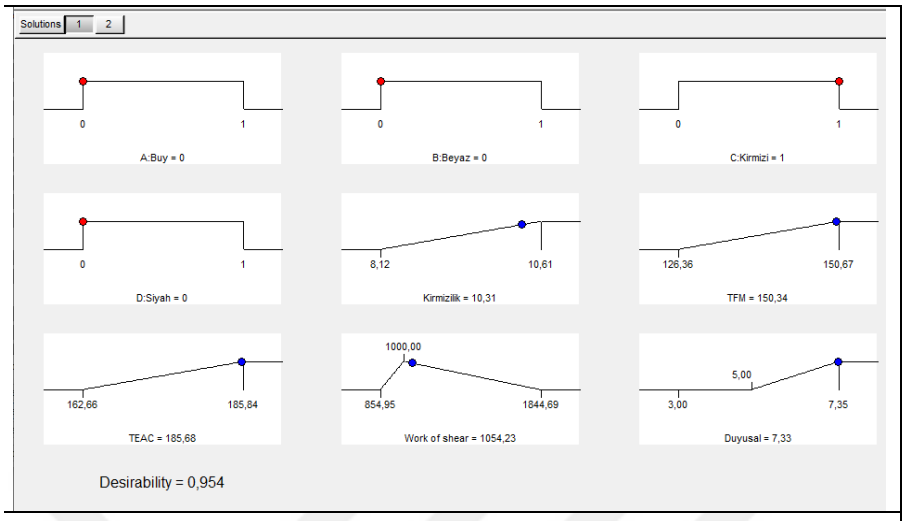
EK-4: Hedef Değerlere Göre Optimizasyon-2 Sonucu Belirlenen İstenirliği En Yüksek Çemen Formülasyonu İçin Veri Rampaları ve İstenilirlik Değerleri

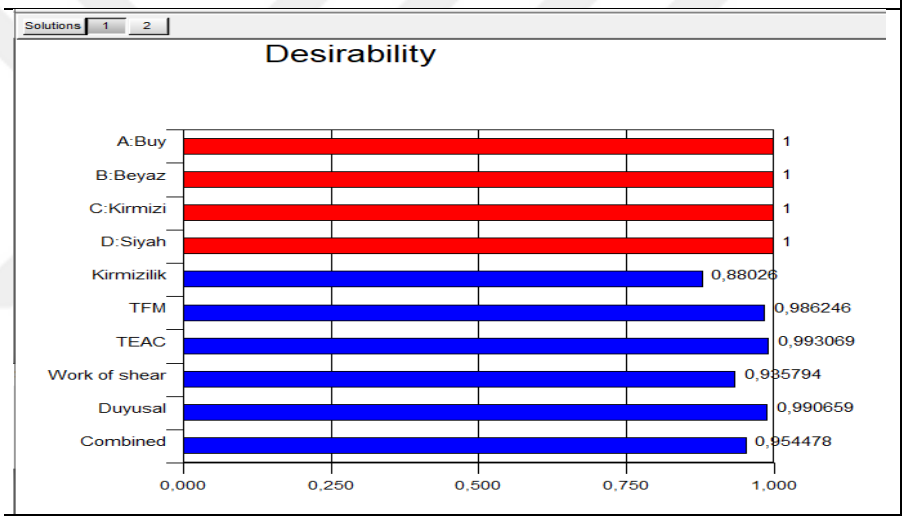


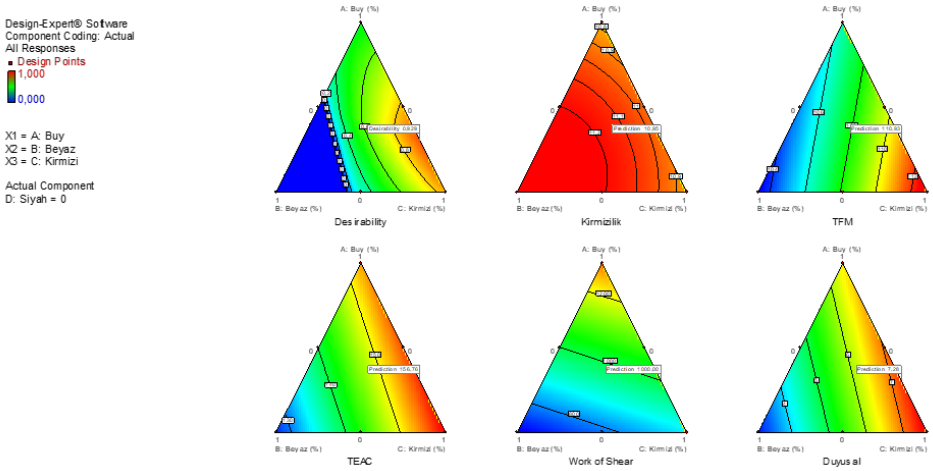




EK-5: Hedef Değerlere Göre Optimizasyon-3 Sonucu Belirlenen İstenirliği En Yüksek Çemen Formülasyonu İçin Veri Rampaları ve İstenilirlik Değerleri







EK-6: Farklı Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Temel Bileşim Unsurları, Tuz, Kalıntı Nitrit, Toplam Gluten İçeriği ve Kesme Kuvvetine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Nem (%)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	12.348	33.882**
Blok	1	19.117	52.455**
Hata	16	0.364	
Protein (%)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	2.468	2.910
Blok	1	78.619	92.718**
Hata	16	0.848	
Yağ (%)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.969	9.083**
Blok	1	5.463	51.198**
Hata	16	0.107	
Kül (%)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	1.060	44.955**
Blok	1	6.427	272.490**
Hata	16	0.024	
Tuz (%)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.320	18.127**
Blok	1	0.079	4.493
Hata	16	0.018	
Kalıntı Nitrit (ppm)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	4.598	265.789**
Blok	1	20.813	1203.089**
Hata	16	0.348	
Kesme Kuvveti (N)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	140.818	9.079**
Blok	1	943.008	60.801**
Hata	16	15.510	
Toplam Gluten İçeriği (ppm)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	202.993	1324.914**
Blok	1	17.347	113.223**
Hata	8	0.153	

EK-7: Farklı Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Biyoaktif Özelliklerine ait Varyans Analiz Sonuçları

TFM (mg GAE/100 g)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	982.355	303.349**
Blok	1	74.342	22.957*
Hata	16	3.238	
ABTS-ARA (mmol TE/kg)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.296	83.565**
Blok	1	0.011	3.185
Hata	16	0.004	
DPPH-ARA (mmol TE/kg)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	1.857	1122.586**
Blok	1	0.000	0.091
Hata	16	0.02	
FRAP (mmol TE/kg)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.072	53.156**
Blok	1	0.006	4.680*
Hata	16	0.001	

EK-8: Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Amino Asit Profiline ait Varyans Analiz Sonuçları

	Alanin				**Arginin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.627	4560.364**		3	0.516	2294.111**
Blok	1	1.232	8960.727**		1	0.087	386.778**
Hata	8	0.000			8	0.000	
	Aspartik Asit				**Fenilalanin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	4.715	3929.118**		3	0.035	326.176**
Blok	1	0.856	713.021**		1	0.054	508.765**
Hata	8	0.001			8	0.000	
	Glisin				**Glutamik Asit**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	3.167	84.033**		3	0.845	7113.316**
Blok	1	2.856	75.784**		1	1.328	11185.316**
Hata	8	0.038			8	0.000	
	Histidin				**İzolösin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.193	140.327**		3	0.057	759.778**
Blok	1	0.090	65.455**		1	0.207	2760.333**
Hata	8	0.001			8	0.0001	
	Lizin				**Lösin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.375	1937.151**		3	0.022	7.722*
Blok	1	0.179	921.323**		1	0.003	0.877
Hata	8	0.000			8	0.003	
	Metiyonin				**Ornitin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.023	135.741**		3	0.005	16.515**
Blok	1	0.037	219.593**		1	0.002	7.0364*
Hata	8	0.000			8	0.000	
	Prolin				**Serin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.077	1022.667**		3	0.523	55.709**
Blok	1	0.250	3333.333**		1	0.735	78.380**
Hata	8	0.0001			8	0.009	
	Sistin				**Tirozin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.090	26.872**		3	0.082	815.750**
Blok	1	0.083	24.628**		1	0.106	1056.250**
Hata	8	0.003			8	0.000	
	Treonin				**Valin**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.046	284.769**		3	0.819	32776.0**
Blok	1	0.006	34.615**		1	0.096	3844.0**
Hata	8	0.000			8	0.00003	

EK-8: Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Amino Asit Profiline ait Varyans Analiz Sonuçları (devamı)

	EA				NEA		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	4.602	622.981**		3	4.632	90.913**
Blok	1	2.016	272.948**		1	1.960	38.469**
Hata	8	0.007			8	0.051	
	EA/TA (%)				**EA/NEA (%)**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	4.629	266.408**		3	38.243	257.797**
Blok	1	2.016	116.052**		1	16.667	112.353**
Hata	8	0.017			8	0.148	
	PER_1				**PER_2**		
VK	**SD**	**KO**	**F**		**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0.005	9.102**		3	0.009	14.730**
Blok	1	0.002	3.516		1	0.003	4.933
Hata	8	0.001			8	0.001	
	PER_3						
VK	**SD**	**KO**	**F**				
Muamele	3	0.158	62.335**				
Blok	1	0.236	93.186**				
Hata	8	0.003					

EK-9: Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Nem Miktarı, pH, TBARS, NOMb ve Kürleme Etkinliği Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Nem miktarı (%)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	16.945	30.347**
Depolama Periyodu (DP)	4	279.405	500.373**
Blok	1	5.569	9.972**
M x DP	12	2.026	3.628**
Hata	80	0.558	
pH			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	0.454	2145.491**
Depolama Periyodu (DP)	4	0.045	213.657**
Blok	1	0.195	922.268**
M x DP	12	0.003	12.046**
Hata	80	0.000	
TBARS (mg MDA/kg)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	7.575	4749.477**
Depolama Periyodu (DP)	4	0.746	467.938**
Blok	1	0.555	347.887**
M x DP	12	0.030	18.892**
Hata	80	0.02	
Karbonil içeriği (nmol/mg protein)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	2.971	467.333**
Depolama Periyodu (DP)	4	0.807	126.949**
Blok	1	1.306	205.467**
M x DP	12	0.052	8.185**
Hata	80	0.006	
NOMb (ppm)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	5573.538	926.136**
Depolama Periyodu (DP)	4	5202.482	864.479**
Blok	1	3315.380	550.905**
M x DP	12	43.746	7.269**
Hata	80	6.018	
Kürleme Etkinliği (%)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	1834.620	1372.913**
Depolama Periyodu (DP)	4	1352.86	1012.391**
Blok	1	273.401	204.596**
M x DP	12	18.307	13.700**
Hata	80	1.336	

EK-10: Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Renk Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Dış yüzey *L değeri**			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	36.352	112.460**
Depolama Periyodu (DP)	4	25.980	79.976**
Blok	1	0.848	2.612
M x DP	12	0.588	1.810
Hata	80	0.325	
Dış yüzey *a değeri**			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	4.758	73.646**
Depolama Periyodu (DP)	4	16.505	255.455**
Blok	1	0.020	0.302
M x DP	12	0.372	5.763**
Hata	80	0.065	
Dış yüzey *b değeri**			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	25.657	123.028**
Depolama Periyodu (DP)	4	18.040	86.502**
Blok	1	0.266	1.276
M x DP	12	0.386	1.850
Hata	80	0.209	
Dilim yüzey *L değeri**			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	14.107	15.604**
Depolama Periyodu (DP)	4	13.216	14.619**
Blok	1	0.055	0.061
M x DP	12	1.494	1.652
Hata	80	0.904	
Dilim yüzey *a değeri**			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	70.762	681.865**
Depolama Periyodu (DP)	4	8.236	79.367**
Blok	1	3.654	35.211**
M x DP	12	0.614	5.913**
Hata	80	0.104	
Dilim yüzey *b değeri**			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	30.773	138.626**
Depolama Periyodu (DP)	4	3.446	15.524**
Blok	1	3.968	17.873**
M x DP	12	0.272	1.225
Hata	80	0.222	

EK-11: Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Mikrobiyoloji Sonuçlarına ait Varyans Analiz Sonuçları

TAMB (log kob/g)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	0.077	1.886
Depolama Periyodu (DP)	4	0.161	3.945**
Blok	1	1.774	43.583**
M x DP	12	0.055	1.346
Hata	80	0.041	
***M/S* (log kob/g)**			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	1.879	89.096**
Depolama Periyodu (DP)	4	2.596	123.089**
Blok	1	4.812	228.156**
M x DP	12	0.199	9.458**
Hata	80	0.021	
LAB (log kob/g)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	0.856	20.947**
Depolama Periyodu (DP)	4	1.488	36.418**
Blok	1	6.234	152.574**
M x DP	12	0.071	1.742
Hata	80	0.041	
Maya/Küf (log kob/g)			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	6.276	105.515**
Depolama Periyodu (DP)	4	0.311	5.225**
Blok	1	0.619	10.410**
M x DP	12	0.095	1.596
Hata	80	0.059	

EK-12: Kontrol ve Optimize Çemen Formülasyonları Kullanılarak Üretilen Pastırmaların Duyusal Değerlendirme Puanlarına ait Varyans Analiz Sonuçları

Renk/Görünüş			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	13.271	21.403**
Depolama Periyodu (DP)	4	1.105	1.782
Blok	1	2.250	3.629
M x DP	12	0.441	0.711
Hata	360	0.620	
Tekstür			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	4.339	9.891**
Depolama Periyodu (DP)	4	7.851	17.897**
Blok	1	0.456	1.039
M x DP	12	0.151	0.344
Hata	360	0.439	
Koku			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	13.509	13.615**
Depolama Periyodu (DP)	4	0.297	0.299
Blok	1	1.428	1.439
M x DP	12	0.479	0.483
Hata	360	0.992	
Lezzet			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	28.194	48.361**
Depolama Periyodu (DP)	4	1.339	2.297
Blok	1	0.276	0.473
M x DP	12	0.425	0.728
Hata	360	0.583	
Genel Beğeni Düzeyi			
Varyasyon Kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele (M)	3	15.843	48.198**
Depolama Periyodu (DP)	4	0.774	2.355
Blok	1	0.214	0.651
M x DP	12	0.353	1.073
Hata	360	0.329	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Emre TURAN
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	■ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Atatürk Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Gıda Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	12.06.2014
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	06.02.2017
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	04.04.2024

Yayınlar

Turan, E., & Şimşek, A. (2023). Black garlic: Production, Properties and Food Applications. Publisher: September, IKSAD Publications, Ankara, Türkiye, pp. 123-159 (978-625-367-281-2). https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.83737

Aksu, M. İ., **Turan, E**., Gülbandılar, A., & Tamtürk, F. Utilization of spray-dried raspberry powder as a natural additive to improve oxidative stability, microbial quality and overcome the perception of discoloration in vacuum-packed ground beef during chilled storage. *Meat Science, 197,* 109072.

Şimşek, A., Çiçek, B., **& Turan, E.** The effect of chlorogenic acid from green coffee as a natural antioxidant on the shelf life and composition of hazelnut paste. *European Food Research and Technology*, 249, 2077–2086.

Aksu, M. İ., Erdemir, E., **Turan, E**., & Öz, F. Freeze-dried pomegranate extract as a natural and novel ingredient in cemen paste and pastırma quality during refrigerated storage. *European Food Research and Technology*, 249, 1329–1341.

Çakir, C., **Turan, E.**, & Şimşek, A. The effects of bentonite and activated charcoal treatments on aflatoxin content (AFB1, AFB2, AFG1, and AFG2) and physicochemical characteristics of hazelnut milk. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-12.

Celik, S.K., **Turan, E**., & Şimşek, A. Some Physicochemical and Sensory Properties of Hazelnut Beverages Enriched with Vit-C Source Fruits and Shelf Life, *Gıda*, 48 (1), 185-198

Aksu, M. İ., Erdemir, E., **Turan, E**., & Öz, F. Chemical, microbial, color, oxidative and sensory properties of clean-label pastırma produced with raspberry water extracts as a novel ingredient. *Meat Science*, 108737.

Aksu, M. I., & **Turan, E**. Properties of black carrot extract and its efficacy for improving the storage quality of vacuum packaged fresh meat products. *Packaging Technology and Science*, *35*(4), 339-349.
Turan, E., & Şimşek, A. Black garlic as a substitute for fresh garlic to reduce off-flavor and enhance consumer acceptance and bioactive properties in cemen paste. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(2), e16246.
Turan, E., & Şimşek, A. Determination of physicochemical, antioxidant, textural and sensory features of pastırma cemen paste produced by using different concentrations of black garlic. Gıda, 47(6), 980-991.
Turan, E., & Şimşek, A. Effects of lyophilized black mulberry water extract on lipid oxidation, metmyoglobin formation, color stability, microbial quality and sensory properties of beef patties stored under aerobic and vacuum packaging conditions. *Meat Science*, *178*, 108522.
Aksu, M. İ., & **Turan, E.** Effects of lyophilized black carrot (Daucus carota L.) water extract on the shelf life, physico-chemical and microbiological quality of high-oxygen modified atmosphere packaged (HiOx-MAP) ground beef. *Journal of Food Science and Technology*, *58*(9), 3514-3524.
Aksu, M. İ., **Turan, E.**, Şat, İ. G., & Erdemir, E. Red raspberry (Rubus ideaus L.) extracts: A novel ingredient in cemen paste. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(11), e15930.
Aksu, M. I., Erdemir, E., **Turan, E.**, & Sat, İ. G. Effects of red beet extracts on protein and lipid oxidation, colour, microbial, sensory properties and storage stability of Turkish pastırma. *Journal of Stored Products Research*, *89*, 101721.
Aksu, M. I., **Turan, E.**, & Şat, İ. G. Effects of lyophilized red cabbage water extract and pH levels on the quality properties of pastırma cemen paste during chilled storage. *Journal of Stored Products Research*, *89*, 101696.
Aksu, M. I., Erdemir, E., Oz, F., **Turan, E.**, & Gürses, M. Effects of cemen paste with lyophilized red cabbage water extract on the quality characteristics of beef pastırma during processing and storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(11), e14897.
Aksu, M. I., **Turan, E.**, Sat, I. G., Erdemir, E., Oz, F., & Gürses, M. Improvement of quality properties of cemen paste of pastirma by lyophilized red cabbage water extract. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(9), e14714.
Şimşek, A., Şimşek, A., Demirkol, M., & **Turan, E.** Macro, trace and toxic elements of 4 different edible wild plants from Karadeniz Region. *International Journal of Secondary Metabolite*, *4*(3, Special Issue 1), 225-237.